

Bibliothek des Radio-Amateurs 15. Band  
Herausgegeben von Dr. Eugen Nesper

---

# Innen-Antenne und Rahmen-Antenne

SR

Von

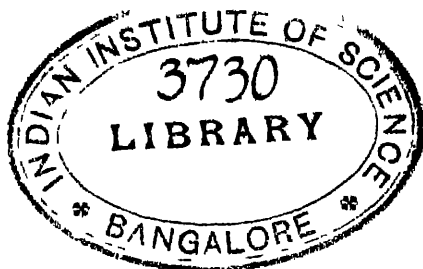
**Friedrich Dietsche**

Dipl.-Ingenieur

Mit 25 Textabbildungen



**Berlin**  
Verlag von Julius Springer  
1925



Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung  
[in fremde Sprachen, vorbehalten.

621.384135

N25

## Vorwort.

Bei jedem Empfangsapparat ist ein wesentlicher Bestandteil die „Antenne“, das „elektrische Ohr“ der Anlage. Die Antenne hat größere Bedeutung für einen guten Empfang, als ihr normalerweise zugemessen wird. Meist wird auf Gerätewohl eine große und umständliche Hoch-Antenne gezogen, meist sogar nach der vielbekannten, aber ganz falschen Hauptregel. Die Antenne soll so lang als irgend möglich sein. Darum bereitet auch die Anlage der Antenne die größten Schwierigkeiten bzw. ist sie mitbestimmend für den Entschluß zur Anschaffung bzw. Erstellung einer Funkanlage.

Das vorliegende Werkchen soll dem Funkfreund Wege zeigen, wie er dieser Schwierigkeit einfach und zweckmäßig Herr wird und soll ihn in den einschlägigen Fragen theoretisch und praktisch beraten. Es soll damit der Hoch-Antenne keinesfalls ihre Existenzberechtigung abgesprochen werden, sie wird für den Anschluß einfacher Apparate wie Detektor-Empfänger, einfachste Röhrenschaltungen ohne Rückkopplung u. dgl. m. immer noch ein wesentliches Mittel für den Empfang sein, unter der Voraussetzung, daß nicht nur der Ortssender empfangen werden soll. In letzterem Falle wird man selbstverständlich wohl kaum eine Hoch-Antenne brauchen, man kommt da mit den einfachsten Mitteln bzw. Ersatz-Antennen, und auch mit der Lichtleitung als Antenne, aus. Diese ganz einfachen Verhältnisse sollen nachstehend nicht berücksichtigt werden. Es soll in vorliegenden Ausführungen hauptsächlich der Empfang naherer oder fernerer Stationen unter Zuhilfenahme hochwertiger Apparate behandelt werden. Für diese Art Empfänger, also hochwertige Schaltungen, ist die Hoch-Antenne überflüssig geworden und kann gut durch die „Innen-Antenne“ ersetzt werden.

Es wurde neben dem geradlinigen offenen Oszillator auch dem geschlossenen Oszillator, also der eigentlichen Rahmen-Antenne, eine entsprechende Darlegung zuteil, so daß auch hier alle Einzelheiten erfaßt wurden.

Karlsruhe, im März 1925

Friedrich Dietsche, Diplom-Ingenieur.



## Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Einleitung. . . . .	1
1. Theorie . . . . .	7
2. Ausführungsformen der Innen-Antennen	24
3 Die Erdung .	27
4. Gute des Empfanges bei Innen-Antennen	29
5 Anleitung zum Bau von Innen-Antennen	32
a) Offene geradlinige Antennen	32
b) Geschlossene Antennen (Rahmen-Antennen)	41
6. Apparattypen für Anschluß an Innen-Antennen	45
7 Innen-Antenne und Blitzgefahr	50
8 Wirksamkeit der Innen-Antenne im Verhältnis zu ihrer Höhe	52
9 Schluß .	56
10 Anhang (Berechnungsbeispiele) mit Tabellen .	58

## **Zur Einführung der Bibliothek des Radioamateurs.**

Schon vor der Radioamateurbewegung hat es technische und sportliche Bestrebungen gegeben, die schnell in breite Volksschichten eindrangen, sie alle übertrifft heute bereits an Umfang und an Intensität die Beschäftigung mit der Radiotelephonie.

Die Gründe hierfür sind mannigfaltig. Andere technische Betätigungen erfordern nicht unerhebliche Voraussetzungen. Wer z. B. eine kleine Dampfmaschine selbst bauen will — was vor zwanzig Jahren eine Lieblingsbeschäftigung technisch begabter Schüler war — benötigt einerseits viele Werkzeuge und Einrichtungen, muß andererseits aber auch ein guter Mechaniker sein, um eine brauchbare Maschine zu erhalten. Auch der Bau von Funkeninduktoren oder Elektrisiermaschinen, gleichfalls eine Lieblingsbetätigung in früheren Jahrzehnten, erfordert manche Fabrikationseinrichtung und entsprechende Geschicklichkeit.

Die meisten dieser Schwierigkeiten entfallen bei der Beschäftigung mit einfachen Versuchen der Radiotelephonie. Schon mit manchem in jedem Haushalt vorhandenen Altgegenstand lassen sich ohne besondere Geschicklichkeit Empfangsergebnisse erzielen. Der Bau eines Kristalldetektorempfängers ist weder schwierig noch teuer, und bereits mit ihm erreicht man ein Ergebnis, das auf jeden Laien, der seine ersten radiotelephonischen Versuche unternimmt, gleichmäßig überwältigend wirkt. Fast frei von irdischen Entfernungen, ist er in der Lage, aus dem Raum heraus Energie in Form von Signalen, von Musik, Gesang usw. aufzunehmen.

Kaum einer, der so mit einfachen Hilfsmitteln angefangen hat, wird von der Beschäftigung mit der Radiotelephonie loskommen. Er wird versuchen, seine Kenntnisse und seine Apparatur zu verbessern, er wird immer bessere und hochwertigere Schaltungen ausprobieren, um immer vollkommener die aus dem Raum kommenden Wellen aufzunehmen und damit den Raum zu beherrschen.

Diese neuen Freunde der Technik, die „Radioamateure“, haben in den meisten großzügig organisierten Ländern die Unterstützung weit vorausschauender Politiker und Staatsmänner gefunden unter dem Eindruck des universellen Gedankens, den das Wort „Radio“ in allen Ländern auslost. In anderen Ländern hat man den Radioamateur geduldet, in ganz wenigen ist er zunächst als staatsgefährlich bekämpft worden. Aber auch in diesen Ländern ist bereits abzusehen, daß er in seinen Arbeiten künftighin nicht beschränkt werden darf.

Wenn man auf der einen Seite dem Radioamateur das Recht seiner Existenz erteilt, so muß naturgemäß andererseits von ihm verlangt werden, daß er die staatliche Ordnung nicht gefährdet.

Der Radioamateur muß technisch und physikalisch die Materie beherrschen, muß also weitgehendst in das Verständnis von Theorie und Praxis eindringen.

Hier setzt nun neben der schon bestehenden und taglich neu aufschießenden, in ihrem Wert recht verschiedenen Buch- und Broschürenliteratur die „Bibliothek des Radioamateurs“ ein. In knappen, zwanglosen und billigen Bandchen wird sie allmählich alle Spezialgebiete, die den Radioamateur angehen, von hervorragenden Fachleuten behandeln lassen. Die Koppelung der Bandchen untereinander ist extrem lose. Jedes kann ohne die anderen bezogen werden, und jedes ist ohne die anderen verständlich.

Die Vorteile dieses Verfahrens liegen nach diesen Ausführungen klar zutage. Billigkeit und die Möglichkeit, die Bibliothek jederzeit auf dem Stande der Erkenntnis und Technik zu erhalten. In universeller gehaltenen Bandchen werden eingehend die theoretischen Fragen geklärt.

Kaum je zuvor haben Interessenten einen solchen Anteil an literarischen Dingen genommen, wie bei der Radioamateurbewegung. Alles, was über das Radioamateurwesen veröffentlicht wird, erfährt eine scharfe Kritik. Diese kann uns nur erwünscht sein, da wir lediglich das Bestreben haben, die Kenntnis der Radiodinge breiten Volksschichten zu vermitteln. Wir bitten daher um strenge Durchsicht und Mitteilung aller Fehler und Wünsche.

Dr. Eugen Nesper.

## Einleitung.

Wenn man von der Innen-Antenne als solcher hest, denkt man unwillkürlich an das Wort „Ersatz“. Es wird ihr meist nur die Rolle als Ersatz-Antenne zugeteilt, und sie soll nur dann Anwendung finden, wenn die Anbringung einer guten Hoch-Antenne aus verschiedenen Gründen nicht möglich ist. Denn für den Radio-Liebhaber als auch für den verständnisvollen und in dieser Hinsicht etwas technisch vorgebildeten Laien ist die Hoch-Antenne, also der gerade, offene Leiter, immer noch das Wahrzeichen einer richtiggehenden Rundfunkanlage, sei nun der Antennen-draht nur am Hausgiebel oder einem Kamin festgemacht, oder sei er regelrecht, unter Verwendung von Mast- oder sonstigen Stützkonstruktionen, wie man zu sagen pflegt „abgespannt“. Ja man kann sogar oft die merkwürdige Erfahrung machen, daß von den meisten Leuten die ganze Radioanlage nach der Antenne, dem nach außen hin sichtbaren Teil der Anlage, bewertet wird. Je umfangreicher und komplizierter das Luftleitergebilde ist, und je wuchtiger und interessanter die Stütz- und Abspannkonstruktionen wirken, um so mehr kommt der „glückliche“ Besitzer in den „Geruch“, eine vorzügliche Empfangsanlage zu haben. Man kann vielleicht sogar dreist behaupten, das breitere Publikum will ganz auf seine Kosten kommen und nicht nur hören, sondern dazu auch noch etwas sehen. Das ist nur zu begreiflich und auch verständlich, wenn man bedenkt, daß der großen Mehrzahl der Radioamateure, auch manchem ernsteren Funkliebhaber, trotz größter Mühe restlos zu verstehen, die ganze Radiotechnik immer noch recht große Geheimnisse hat. Und wo der Verstand nicht restlos mitkommt, hängt man sich meist an Äußerlichkeiten und sucht wenigstens soviel wie möglich mit den Sinnen wahrzunehmen.

Selbstverständlich wird es keinem Einsichtsvollen einfallen abzustreiten, daß eine richtig angelegte und vorzüglich durchkonstruierte Hoch-Antenne ihre großen Vorzüge hat. Auch nach dem gegenwärtigen Stande der Forschungen ist die Hoch-Antenne, vorausgesetzt natürlich, daß sie richtig angelegt und dimensioniert ist, immer noch das beste „elektrische Ohr“ für die feinen Schwin-

gungen, die von einer fernen Sendestation in den Raum geschickt werden. Ja, die Reichweite und auch ein gut Teil der Empfangsintensität hängt direkt von der Güte der Antenne und vor allem von ihrer Höhe gegenüber der Umgebung ab. Eine Sendestation läßt sich überhaupt nicht gut ohne Hoch-Antenne denken. Doch sollen bei den nachfolgenden Betrachtungen die Sendestationen vollkommen außer acht gelassen werden.

In der Literatur findet sich auch verhältnismaßig wenig von der Innen-Antenne, ja meist wird hierbei nur die Rahmen-Antenne erwähnt und dieselbe mit wenigen Worten, unter Hinweis auf ihre geringe Reichweite und Lautintensität, abgetan. Allerhöchstens findet man dann noch etwas über Anbringung einer Innen-Antenne auf dem Dachboden oder Speicher eines Hauses, schließlich auch noch Hinweise auf Benutzung von Gasleitungen, verzweigten Rohrnetzen, evtl. der Saiten eines Klaviers, eiserner Bettstellen u. dgl. m. als Antenne, jedoch nur an Plätzen mit einem örtlichen Sender. Auch diese Art Antennen, die wirklich nur den Namen von „Ersatz-Antennen“ verdienen, sollen hier ganz außer acht gelassen werden, denn diese Verhältnisse sind zu einfach und klar, als daß sie noch besonderer Erläuterung und noch näherer Erörterung bedürften. Man kann sogar ruhig sagen, unter solchen Verhältnissen ist überhaupt keine Antenne mehr nötig, in der Sendestadt muß einigermaßen ein Empfangsapparat auch ohne Antenne empfangen können, wobei jedoch an irgendwelche Zufallserfolge nicht im mindesten gedacht werden soll.

Erhalt der Rundfunk noch weiter die Verbreitung, wie es den Anschein hat und wie es zu wünschen ist, so dürfte es mit der Zeit doch auf erhebliche Schwierigkeiten stoßen, daß sich an Orten mit großer Bevölkerungsdichte, also besonders in den Großstädten, jeder Rundfunkabonnent seine besondere Hoch-Antenne baut. Denkt man dann noch an die vielen Mietskasernen mit ihren vielen Familien als Bewohner, und weiter daran, daß jede Antenne immerhin von der anderen einen gewissen Abstand, sogar einen Mindestabstand von 5 m haben muß, um nicht direkt andere Empfänger in der Nähe zu „steuern“ und damit schwer zu stören, so gibt das mit der Zeit Verhältnisse, die einfach unhaltbar werden. Denn mehrere Empfänger mit einer Antenne zu betreiben bzw. an eine einzige Antenne anzuschließen, ist nach dem gegenwärtigen Stand der Anschauungen und Ergebnisse nur dann möglich,



wenn mit sämtlichen angeschlossenen Empfängern genau auf derselben Wellenlänge empfangen, also der gleiche Sender gehört wird. Dies dürfte auch bei dem besten Willen aller Beteiligten doch sehr bald zu ernststen Unzutraglichkeiten führen, denn mit der Freude am Empfang und dem Funktionieren der Anlage wächst bald der Wunsch, wenigstens den Versuch zu machen, auch einmal eine andere Sendestation zu hören, also mit anderer Wellenlänge zu empfangen. Eine geringe Verstellung der Abstimm-Organen am Empfänger genügt, den gerade gehaltenen Empfang bei allen Teilnehmern abzureißen, und statt des Genusses einer guten klassischen Musik, einer Oper, eines Hörspiels, Funkkabarets, interessanten Vortrags usw. macht sich bei allen Teilnehmern im Kopfhörer oder dem gerade angeschlossenen Lautsprecher ein unangenehmes Heulen oder Pfeifen bemerkbar, das auch den ruhigsten Menschen zu gelinder Nervosität erregen kann. Die allernatürlichste Reflexbewegung wird die sein, daß sämtliche angeschlossenen Teilnehmer ihre Abstimmorgane an den verschiedenen Empfängern verstellen, also versuchen werden „nachzustimmen“, damit wird das Durcheinander dann erst recht groß und an einen geordneten Empfang ist nicht mehr zu denken, ganz abgesehen davon, daß sich der ganze, recht gut begreifliche Unmut der einzelnen Teilnehmer auf den unglücklich „Schuldigen“ in mehr oder minder drastischer Weise entladet, oder daß sich die einzelnen Teilnehmer gegenseitig die Schuld aufzuhalsen suchen, womit schon der schonste Streit mit nachfolgender tiefster Verstimmung im Gang ist. Derartige kommt bei den besten Nachbarn und dem freundschaftlichsten Verhältnisse gegenseitig vor.

Ganz abgesehen von einem derartigen Vorkommnis, wie eben geschildert, ergeben sich aber noch ganz andere Schwierigkeiten, und zwar in Gestalt besonders unliebenswürdiger und wenig entgegenkommender Hauswirte bzw. Hausbesitzer. Man braucht nur mal den „Meinungsaustausch“ oder den sogenannten „Briefkasten“ von Radiozeitschriften zu lesen, so findet man sicherlich einmal, wenn nicht sogar mehrmals immer dieselbe Frage: Ich möchte mir eine Rundfunk-Empfangsanlage zulegen, jedoch gestattet mir mein Hauswirt nicht die Anbringung einer Dach-Antenne, was ist in diesem Falle zu tun?“ Meist nichts; denn nachdem das Gerücht selbst keine endgültige Stellung zu dieser Angelegen-

heit genommen hat, sondern gütliche Einigung mit dem Hausbesitzer empfiehlt und in allen Fällen bisher vorschlug, wo eine bestimmte gerichtliche Entscheidung von einer der beiden Parteien angestrebt wurde, durfte in dieser Hinsicht nicht viel zu machen sein. Meist kann der Hausbesitzer gar keine Gründe für seinen Standpunkt bezüglich Verweigerung der Erlaubnis zur Anbringung einer Dach-Antenne nennen oder will sie schon gar nicht nennen, läßt sich auf Zureden manchmal sogar nicht einmal auf den Versuch einer gütlichen Einigung ein, sondern behält einfach seinen ablehnenden Standpunkt weiterhin bei. In diesem Falle hilft natürlich dann nur eines: Verzicht auf die Hoch- bzw. Dach-Antenne.

Hier ist dann der gegebene Boden für die Innen-Antenne. Ganz abgesehen davon, daß teure und umfangreiche Mast-, Stütz- und Abspannkonstruktionen vermieden werden, die unter Umständen, je nach Art und Lage des Daches, den Betrag von 350 M. erreichen können, wofür sich schon erstklassige Empfänger beschaffen und auch schon weit billiger herstellen lassen durch Selbstbau, selbst beim Kauf teuerster Zubehorteile, entstehen durch Anlage einer Hoch-Antenne noch weitere Schwierigkeiten, die nachstehend etwas eingehender behandelt werden sollen.

Für den Bau von Hoch-Antennen bestehen besondere Vorschriften, herausgegeben vom Verbands deutscher Elektrotechniker, die sich in allererster Linie auf die „elektrische“ Sicherheit der Anlage sowie auch benachbarter Anlagen anderer Natur erstrecken, vor allem also Sicherheit gegen Blitzgefahr. Die Antenne muß demgemäß einen besonderen „Blitzschutz“ erhalten.

Es ist dabei nicht damit getan, daß einfach bei Nichtbenutzung der Empfänger geerdet wird, also in Wirklichkeit die Antenne direkt mit der Erde verbunden ist, wobei man sich meist eines sogenannten Antennenumschalters oder Erdungsschalters bedient, es genügt unter Umständen für diesen Zweck auch eine einfache Steckvorrichtung; sondern es wird gemäß den hierfür geltenden Vorschriften verlangt, daß auch während des Betriebes des Empfängers eine Sicherung gegen Blitzschlag vorhanden ist. Deshalb macht die Anlage die Anbringung eines besonderen Blitzschutzes in Gestalt eines sogenannten Luftleer-Funkenableiters, genau wie beim normalen Reichsposttelefon, zur Anforderung. Eventuell auftretende Ladungen gleichen sich dann schon fast

im Entstehungszustande aus, so daß gefährliche Spannungen und Überschläge nicht eintreten können. Weiterhin werden derartige Anlagen noch mit einem sogenannten „Grobschutz“ zu versehen sein, der nichts anderes ist als eine kleine Funkenstrecke zwischen Antennenleiter und Erde, und bei plötzlich auftretendem Blitzschlag eine leichte Ableitung der elektrischen Ladungen nach der Erde bewirken soll. Eine derartige Anlage ist dann also doppelt geschützt, enthält also einen sogenannten „Grobschutz“ und weiterhin noch einen „Feinschutz“.

Weiterhin erlassen die einzelnen städtischen Ämter meist noch Zusatzvorschriften zu diesen Verbandsbestimmungen, die meist bau- und straßenpolizeilicher Natur sind und sich in erster Linie auf Schutz gegen Gefährdung der öffentlichen Sicherheit, Art der Linienführung, Überkreuzung von Straßenbahnlinien, öffentlichen Plätzen, Straßen usw. erstrecken. Daneben soll dann noch möglichst vermieden werden, daß durch die Antennenbauten das Gesamtbild der Straße oder des Platzes unschön wirkt, unter Umständen mengt sich noch der Verschönerungsverein ein, der in den meisten Fällen auch nur hemmend wirkt; denn die Erstellung von Antennenkonstruktionen geht selten mit seinen Bestrebungen zur Verschönerung des Straßen- und Stadtbildes einig.

Berücksichtigt man dann schließlich noch die sich ergebenden Schwierigkeiten bei Kreuzung von Telephon-, Telegraphen-, Kraft- und sonstiger Starkstromleitungen, die dadurch entstehenden Beeinflussungen der Empfangsverhältnisse, Schaffung neuer Störquellen, so ergeben sich damit Verhältnisse, die die Anbringung einer Hoch-Antenne von vornherein vollkommen illusorisch machen.

In den meisten Fällen wird sich der Funkfreund dadurch entmutigen lassen und die Erstellung einer Empfangsanlage unterbleibt ganz. Und gerade da ließe sich doch so leicht mit den Innen-Antennen manches machen. Wohl wird dann entgegengehalten, daß die Innen-Antenne im Empfangsgerät nur eine geringe Lautstärke ergebe, eine Faustformel spricht sogar von Lautintensitäten zwischen Hoch-, Innen- und Rahmen-Antenne im Verhältnis 1000 : 100 : 10, doch haben eingehendere Versuche gezeigt, daß mit der Innen-Antenne wesentlich mehr an Lautintensität zu erzielen ist, als gewöhnlich angenommen wird, ja es können unter Umständen Lautstärken erzielt werden, die sich mit denen

der Hoch-Antennen wohl messen können. Bei ganz günstigen Verhältnissen war sogar schon Lautsprecherempfang amerikanischer Sender mit Innen-Antenne möglich. Derartige Leistungen setzen natürlich nur erstklassigste Empfangsapparate voraus. Überhaupt sei gleich von vornherein darauf hingewiesen, daß der Detektor-empfänger, mit Ausnahme bei Verwendung in der Sendestadt, an einer Innen-Antenne nicht anspricht, es muß schon mit Rohren-empfangern gearbeitet werden, die gewisse Vorbedingungen erfüllen. Auf nähere Einzelheiten wird weiter unten noch besonders eingegangen werden.

Die Innen-Antenne verlangt außerdem keine teuren Mast-, Stütz- und Abspannkonstruktionen, es genügen meist die einfachsten Hilfsmittel. Sie ist weder dem Wind, noch der Witterung, noch sonstigen dadurch hervorgerufenen mechanischen Beschädigungen ausgesetzt und braucht deshalb von vornherein nicht dafür dimensioniert zu sein. Blitzschutz ist gleichfalls nicht erforderlich, denn gefährliche Spannungen können, da sie ja im Innern des Hauses angebracht ist, kaum entstehen. Desgleichen können sich elektrische Ladungen nicht gut entwickeln, da ja bald durch die Umgebung ein Ausgleich erfolgen würde, man hat es ja bei der Innen-Antenne nur mit recht geringen Abständen von der Erde zu tun.

Selbstverständlich ist ein Haupterfordernis für ein gutes Funktionieren, daß die Innen-Antenne richtig dimensioniert ist, der veränderten und nicht ganz einfachen elektrischen Verhältnisse wegen muß diesem Punkte sogar peinlichste Aufmerksamkeit geschenkt werden. Darüber jedoch später.

Was nun schließlich noch die Innen-Antenne in bezug auf ihr Reagieren auf Störungen betrifft, haben diesbezügliche Versuche ergeben, daß Störschwingungen, die ja meist immer auf örtliche Störsender zurückzuführen sind, gleichfalls im Empfänger auftreten, doch bei weitem nicht mit der Heftigkeit und Lautstärke wie bei der Hoch-Antenne. Die Störungen werden durch die umgebenden Wände doch recht sehr gedämpft.

Für die Lautintensität des Empfängers, im Anschluß an die Innen-Antenne, ist es ziemlich gleichgültig, ob sich die Innen-Antenne im ersten, zweiten, dritten oder obersten Stockwerk eines Hauses befindet. Große Verschiedenheiten in der Lautstärke ergaben sich bei den hierüber angestellten Versuchen nicht.

## 1. Theorie.

Die Verhältnisse, insbesondere die elektrischen, sind bei der Innen-Antenne etwas verwickelter als bei der Hoch-Antenne. Es spielen nämlich in erhöhtem Maße noch Faktoren mit, die sich rechnerisch kaum, meist sogar überhaupt nicht erfassen lassen. Dies sind in erster Linie die Kapazität, und meist Erdkapazität der Umgebung, die die Antenne von allen Seiten einschließt, dann die Beschaffenheit der Wände und Decke des Raumes, in dem die Antenne angelegt ist, aber auch die Art des Materials, aus dem Wände, Fußboden und Decke bestehen. Schließlich auch noch vorhandene Gas- oder elektrische Leitungen, eiserne Träger usw., die je nachdem recht storende magnetische oder elektrische Felder erzeugen können. Hier hilft dann meist nichts anderes als das Ausprobieren selbst. Im wesentlichsten lassen sich aber doch die für die Hoch-Antenne geltenden Betrachtungen auch auf die Innen-Antenne übertragen, und soll daher nachstehend auch davon ausgegangen werden.

Die Antenne, der geradlinige Oszillator oder das offene Schwingungs-System läßt sich leicht durch Auseinanderziehung des geschlossenen Schwingungskreises konstruieren. Die drei Stadien der Abb. 1a—c mögen dies bildlich veranschaulichen. Betrachtet man nun die Vorgänge in dem Schwingungskreis etwas genauer, so zeigt sich folgendes. Sind die Kondensatorbelege einander ganz genähert wie im ersten Teilbild der Abb. 1, so verlaufen die Kraftlinien des elektrischen Feldes in der Hauptsache zwischen den beiden Belegen des Kondensators. Eine Streuung findet des geringen Abstandes wegen nicht statt. Vergrößert man nun den Abstand der beiden Kondensatorbelege durch Auseinanderziehen, wie im mittleren Teilbild der Abb. 1 angedeutet, so muß naturgemäß die Streuung größer werden, denn das elektrische Feld hat gegenüber der Anfangsstellung an Homogenität eingebüßt. Man spricht von einem homogenen Feld, wenn die Kraftlinien im wesentlichen gleichförmig verlaufen, d. h. jedes be-

trachtete Flächenstückchen von derselben Anzahl Kraftlinien durchdrungen wird. Beim dritten Teilbild der Abb. 1 ist jedoch die Streuung am größten, d. h. während bei den Anordnungen des

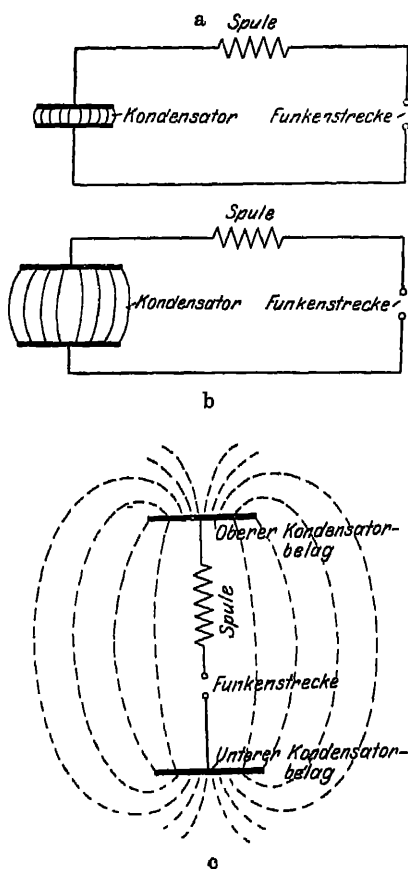


Abb 1 Entstehung des offenen Oszillators aus dem geschlossenen Schwingungskreis.

ersten und zweiten Teilbildes die Kraftlinien im wesentlichen im Schwingungssystem verblieben, also zwischen den beiden Belegungen des Kondensators verliefen bzw. sich da schlossen, können im dritten Teilbild die Kraftlinien nicht mehr im System ohne weiteres verlaufen. Denkt man sich noch im dritten Teilbild die beiden Kondensatorplatten weg, so kann sich der weit-aus größte Teil der Kraftlinien nicht mehr im System schließen, die Schließung muß außen herum erfolgen; die Spule und damit die Selbstinduktion des Schwingungskreises, die die Spule darstellt, ist geblieben, die Kapazität ist jedoch bedeutend geringer geworden, die Kraftlinien sind jedoch durch diese Anordnung gezwungen worden, in den Raum hinaus-, also aus dem System herauszutreten und sich auch durch den Raum wieder zu schließen. Dies besagt nichts anderes, als die Kraftlinien

haben Raumwirkung erlangt, sie erfüllen den Raum. Damit ist ohne weiteres auch die Überbrückung des Raumes gegeben, der betrachtete Schwingungskreis wirkt somit auch in die Ferne. Diese vorstehend beschriebene Anordnung ist nun nichts anderes als

der einfache Hertzsche Oszillator oder der gerade, offene Schwingungskreis, der zwar mit manchmal recht mannigfachen, jedoch nur äußerlichen Abänderungen bei allen Antennengebilden der drahtlosen Technik Anwendung findet

Der elektrische Vorgang in einem solchen offenen, geraden Oszillator ist nun folgender. Man denke sich den Schwingungskreis von irgendeiner Hochspannungsstromquelle aufgeladen. Diese Aufladung geht solange vor sich, bis die Spannung so groß geworden ist, daß sich die Elektrizitätsmengen über die Funkenstrecke durch die Luft entladen. Die Entladeerscheinung des elektrischen Funkens ist aber immer oszillatorischer Natur, das heißt es entstehen elektromagnetische Schwingungen, die ihrer Analyse nach in Grund- und Oberschwingungen zerfallen. Die Höchstwerte an Strom und Spannung fallen zeitlich nicht zusammen, sie sind um  $90^\circ$  gegenseitig verschoben, und zwar ist es die Spannung, die um  $90^\circ$  voreilt. Im Augenblick, wo die Entladung einsetzt, hat die Spannung ihren Höchstwert erreicht und der Strom ist gleich Null, da jetzt erst der Stromfluß beginnt und nun immer mehr und mehr zunimmt. Im Augenblick, wo der Fluß seinen Höchstwert hat, der Strom also seine größte Stärke erreicht hat, ist die Ladung ausgeglichen, das System ist entladen, die Spannung ist auf Null gesunken. Untersucht man nun die Geschwindigkeit, mit der diese Schwingungsvorgänge vor sich gehen, so ergeben sich folgende Beziehungen:

Aus dem vorstehend Gesagten ergibt sich eine Strom- und Spannungsverteilung, wie in Abb 2 angedeutet. Die Spannungscurve weist nun im Gegensatz zur Stromkurve am Ende Spannungsbauche, in der Mitte Spannungsknoten auf (s. Abb 2).

Man bezeichnet nun den doppelten Abstand zweier Schwingungsbauche oder zweier Schwingungsknoten als Schwingungslänge oder auch als Wellenlänge. Die Schwingungs- oder Wellenlänge ist die Weglänge, die die Schwingung oder Welle während einer Periode

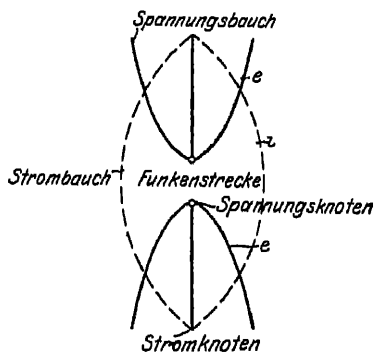


Abb 2. (Verteilung von Strom und Spannung beim offenen Oszillator)

zurücklegt, wobei unter Periode die Dauer des Vorgangs zu verstehen ist, während welchem die Welle, von Null beginnend, einen

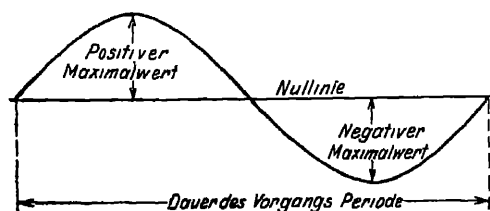


Abb 3 Sinuskurve eines Wechselstromes.

positiven Maximalwert erreicht, dann auf Null sinkt, hierauf einen negativen Maximalwert erreicht und schließlich wiederum auf Null sinkt. Die Abb 3 möge dies etwas näher versinnbildlichen

Zur Aufstellung der für die Vorgänge gültigen Formeln müssen nun einige Bezeichnungen eingeführt werden, und zwar

$T$  = Zeitdauer einer Periode,  $\nu$  = Anzahl der Perioden oder Frequenz unter Annahme einer Zeiteinheit von 1 Sekunde,  $\lambda$  = Wellenlänge = Geschwindigkeit der Welle in der Zeiteinheit, also pro Sekunde,  $v$  = Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Welle

Es gilt nun

$$v = \nu \cdot \lambda = \frac{\lambda}{T} \quad (1)$$

oder nach Umformung der Gleichung

$$\nu = \frac{v}{\lambda} \quad (2)$$

Ausdruck für die Frequenz

Laut vorstehender Definition, bzw. auch aus Abb. 3 ersichtlich, ist die halbe Wellenlänge gleich der gesamten Länge des Oszillators. Diese Gesamtlänge sei mit  $2l$  bezeichnet. Daraus die Gleichung:

$$2l = \frac{\lambda}{2} \quad (3)$$

oder nach Umformung

$$l = \frac{\lambda}{4} \quad (4)$$

Ausdruck für die Grundschiwingung

Dieser Ausdruck läßt sich nun noch weiter umformen und ergibt direkt die Eigenwelle der Antenne, bestimmt durch ihre Selbstinduktion und Kapazität zu

$$\lambda = 4l \quad (5)$$



Diese zuletzt genannte Formel läßt sich zu einer „Faustregel“ verwenden, und zwar dahingehend, daß für schmalflächige, d. h. nur aus 2—3 Drahten bestehende Antennen die Eigenwelle etwa das 4—5fache der größten Drahtlänge, gemessen vom Fußpunkt der Antenne bis zum äußersten freien Drahtende, ist. Dies erlaubt schon eine überschlägliche Dimensionierung der Antennenlänge. Abb 4 mag die überschlägliche Dimensionierung der Antenne

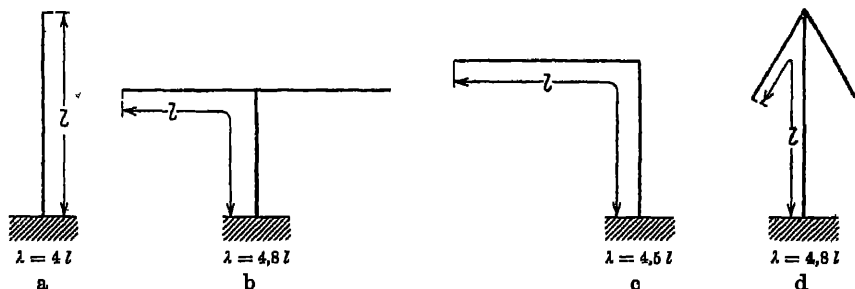


Abb 4 Überschlägliche Dimensionierung von Antennen

aus ihrer Konfiguration und Größe näher erläutern. Es bedeuten die Zeichen

$\lambda$  = Eigenwellenlänge der Antenne in Metern,

$l$  = Länge des ausgespannten Drahtes in Metern

Bei verwickelten Antennenführungen, wie zumeist die Anbringung von Innen-Antennen ergibt, wird man die Feststellung der Eigenwellenlänge nicht mit dieser Faustformel durchführen können. Man muß dies auf experimentellem Wege ermitteln. Dazu ist ein sogenannter „Wellenmesser“ nötig. Die Meßanordnung gestaltet sich nach Abb 5. Man legt in die Antenne eine kleine Kopplungsschleife von etwa 10 cm Durchmesser und koppelt diese mit der Induktionsspule des Wellenmessers in „Summerschaltung“ (Abb 5). Der Empfänger muß auf kleinste Selbstinduktion der Antennenspule eingestellt sein. Man horche nun im Telefon des Empfängers und drehe am Kondensator des Wellenmessers bis zur größten Lautstärke im Telefon. Hier liegt die Eigenwelle der Antenne, die direkt an der Stellung des Kondensators am Wellenmesser abgelesen werden kann. Es ist von Wichtigkeit für den Amateur, die genaue Kenntnis der Eigenwelle

der Antenne zu besitzen, denn nach ihr richtet sich die kürzeste noch empfangbare Welle. Man hat dabei die Regel, daß man

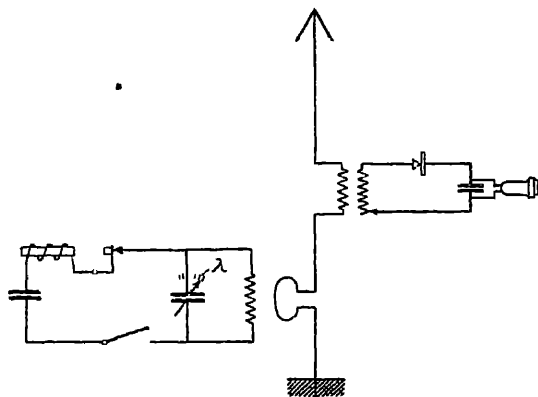


Abb. 5 Messung der Antennen-Eigenwellenlänge mittels Wellenmesser

Eigenwelle der Antenne nur  $\lambda = 400 \text{ m}$  sein. Es soll eine „L-Antenne“ benutzt werden; darnach errechnet sich nach der Faustformel, wie oben angegeben, bzw. nach Abb. 5 die Antennenlänge wie folgt:

Für die L-Antenne  $\lambda = 4,5 l$ , die Werte eingesetzt für  $\lambda$ .

$$400 = 4,5 l; l \text{ somit } \sim 89 \text{ m},$$

dies ergibt bei einer Annahme von etwa 3 m für die Zuleitung als einfache Länge eine Gesamtlänge des Antennendrahtes von ca. 80 m oder unterteilt in 3 parallele Drähte je ca. 27 m, jeder Draht mit einer besonderen Herunterführung oder Zuleitung von 3 m Länge. Will man jedoch die Dimensionierung etwas genauer, vor allem mathematisch richtiger vornehmen, muß man sich noch etwas eingehender mit den Verhältnissen befassen — Dies soll nun nachstehend an Hand der hierfür geltenden Formeln etwas näher erläutert werden.

Man kann dabei so vorgehen, daß man zunächst die Länge des Antennenleiters annimmt, desgleichen die Länge des Zuführungsdrahtes. Man kann dann die Selbstinduktion des Antennenleiters sowie auch die Selbstinduktion des Zuführungsdrahtes berechnen. Hierfür gelten die nachstehenden Formeln

nur noch Wellen, die etwa der Hälfte der Eigenwelle entsprechen, gut empfangen kann. Ein kleines Beispiel möge dies näher erläutern.

Es sollen als kürzeste Wellen noch solche von 200 m empfangen werden, dann darf die

Für den Antennenleiter.

$$L_{\text{Antenne (a)}} = \frac{2}{\pi} \cdot 2 \cdot l_a \left( \ln \frac{2 \cdot l_a}{\varrho} - 0,75 \right) \text{ cm} \quad (6)$$

und für den Zuführungsdraht.

$$L_{\text{Zuführung (z)}} = \frac{2}{\pi} \cdot 2 \cdot l_z \left( \ln \frac{2 \cdot l_z}{\varrho} - 0,75 \right) \text{ cm} \quad (7)$$

In diesen Formeln bedeutet  $l_a$  = Länge des Antennendrahtes in cm,  $l_z$  = Länge des Zuführungsdrahtes in cm,  $\varrho$  (auch  $r$ ) = Drahtradius in cm.

Die gesamte Antennenselbstinduktion ergibt sich dann aus der Summierung der Selbstinduktionen für Antennenleiter und Zuführungsdraht Also Gesamt-Antennenselbstinduktion.

$$L_A = L_a + L_z. \quad (8)$$

Nun hat aber der Antennenleiter nebst Zuführungsdraht nicht nur Selbstinduktion, sondern auch Kapazität. Diese errechnet sich nach ähnlichen Formeln wie die Selbstinduktion, unter Beibehaltung der nämlichen Größen. Die hierfür geltenden Formeln sind:

Für den Antennenleiter

$$C_{\text{Antenne (a)}} = \frac{2}{\pi} \cdot \frac{l_a}{2 \ln \frac{2 \cdot l_a}{\varrho}} \text{ cm} \quad (9)$$

und für den Zuführungsdraht.

$$C_{\text{Zuführung (z)}} = \frac{2}{\pi} \cdot \frac{l_z}{2 \ln \frac{2 \cdot l_z}{\varrho}} \text{ cm} \quad (10)$$

Somit also Gesamt-Antennenkapazität:

$$C_A = C_a + C_z \quad (11)$$

Nun nimmt man noch die Wellenformel zu Hilfe (Thomson'sche Formel):

$$\lambda = \frac{2 \cdot \pi}{100} \sqrt{L \cdot C} \quad (12)$$

und kann damit ohne weiteres die Grundschiwingung der Antenne ( $\lambda$ ) berechnen. Man kann auch ohne die Wellenformel auskommen, wenn man dazu das Wellennomogramm nach Tabelle 1 benützt.

Man hat dabei lediglich so vorzugehen, daß man den vorstehend errechneten Wert von  $L$  und  $C$  durch eine gerade Linie verbindet. Diese Linie wird dann die mittlere Linie der Tabelle 1, die mit  $\lambda$  bezeichnet ist, schneiden. Der Schnittpunkt ergibt die gesuchte Eigenwelle  $\lambda$ .

Um sich die Längenannahme von Antennenleiter und Zuführungsdraht zu erleichtern, kann man dazu, unter Wahl einer bestimmten Eigenwellenlänge der Antenne, die überschlägliche Art der Errechnung benutzen, also Gleichung 5, und mittels der genauen, vorstehend angegebenen Berechnungsart die Richtigkeit der Eigenwellenlänge der Antenne bei den angenommenen Drahtlängen kontrollieren.

Rein experimentell läßt sich auch mit Hilfe des Wellenmessers wieder rückwärts bei bekannten Selbstinduktionen von Antenne und Selbstinduktionsspule die Schwingkapazität errechnen, unter letzter Zuhilfenahme der Thomsonschen Gleichung (12).

Nun besteht die Antenne aber nicht allein als solche, sondern es sind zum „Empfang“ immer Spulen und Kondensatoren eingeschaltet. Die dabei auftretenden Verhältnisse sind nun etwas näher zu untersuchen.

In jedem Schwingungskreis entsteht eine gewisse „Dämpfung“ der Schwingungen, d. h. die einzelnen Schwingungsamplituden nehmen ab, wie in Abb 6 etwa angedeutet. Diese Dämpfung

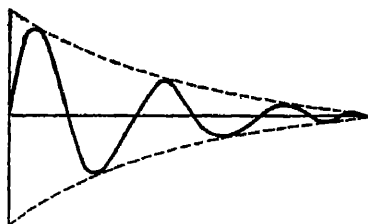


Abb. 6. Zeichnerische Darstellung der „Dämpfung“.

wird hervorgerufen einerseits durch „Joulesche Wärme“ im Schwingungskreise, andererseits infolge des Entladungsvorganges (Funke, Lichtbogen usw.) selbst. Die Dämpfung ist nun bestimmt durch den Wechselstromwiderstand, die sogenannte „Impedanz“. Diese setzt sich wiederum aus zwei Größen zusammen, nämlich: dem in-

duktiven Widerstand, der sogenannten „Induktanz“  $= \omega L$ , wo  $\omega = 2\pi\nu$ ; und  $\omega$  die Winkelgeschwindigkeit, d. h. den Bogen in der Zeiteinheit bedeutet; und dem kapazitiven Widerstand, der sogenannten „Kapazitätz“  $= \frac{1}{\omega C} = \text{Kreisfrequenz}$ .

Die Schwingungen der Antenne sind nun um so starker, je kleiner die Differenz  $\omega L - \frac{1}{C\omega}$  ist. Wenn nun  $\omega L - \frac{1}{C\omega} = 0$  ist, tritt bei einer bestimmten Wellenlänge  $\lambda$  „Resonanz ein“. Soll nun diese Resonanzlage auf eine andere Wellenlänge verlegt werden, das heißt will man eine andere Welle abstimmen, so sind Kapazitäten oder Selbstinduktionen einzuschalten. Man kann nun durch Einschalten von Spulen oder „Selbstinduktion“ die Antenne beliebig „verlängern“, also ihre Grundschiwingung heraufsetzen, nicht aber kann man die Antenne bzw ihre Eigenschwingung durch Einschalten von Kondensatoren beliebig verkürzen, es bleibt bei einem gewissen Grenzwert, der etwa den Betrag  $\frac{\lambda}{2}$  hat, also die Hälfte der Eigenschwingung beträgt. Dies ist schon in dem Satz zum Ausdruck gebracht, daß nur etwa Wellen der halben Eigenwelle der Antenne noch gut empfangen werden können.

Nicht zu vergessen bei unseren Untersuchungen ist der Einfluß der „Erdung“. Wir betrachten dazu nochmals das dritte Teilbild der Abb 1. Hier sind immer noch die beiden Kondensatorbelege angedeutet. Den oberen Kondensatorbelag denkt man sich nun ersetzt durch den entsprechenden Antennenleiter, den unteren Kondensatorbelag denken wir uns in die Erde verlegt, indem wir die Erde als idealen Leiter betrachten. Natürlich kann an Stelle der sogenannten „Erde“ eine entsprechende andere Kapazitätsfläche treten, die man mittels eines auf dem Boden isoliert ausgespannten Drahtnetzes bilden kann, aber auch durch eine entsprechende Drahtlänge ersetzt werden kann. Eine derartige Anordnung nennt man „Gegengewicht“. Die Erdung ist natürlich das einfachere und bequemere Mittel, das zugehörige „Gegengewicht“ zur Antenne zu schaffen. Eine Antennenanlage wird also nicht bloß aus den Antennenleitern nebst Zuführungsdrähten, sondern außerdem noch aus dem zugehörigen „Gegengewicht“ oder einer entsprechenden „Erdung“ zu bestehen haben. Das Gegengewicht oder die Erdung hat große Bedeutung für den Wirkungsgrad eines Empfängers, denn von der Erdung bzw. dem Gegengewicht hängt die Stromverteilung in der Antenne ab. Betrachten wir zum besseren Verständnis des Gesagten nochmals die Abb. 2. Nur bei guter Erdleitung bzw. entsprechend gut

dimensioniertem Gegengewicht liegt die größte Stromstärke, der in Abb 2 angedeutete Strombauch, im Fuße der Antenne, da wo normalerweise der Empfänger eingeschaltet wird. Ist nun die Erdung bzw. das Gegengewicht schlecht, so rückt der Strombauch, also die Stelle der größten Stromstärke, in die Höhe. Damit verschlechtert sich naturgemäß die Energieaufnahme der Antenne, desgleichen treten bei schlechter „Erd- oder Gegengewichts-anlage“ beträchtliche Verluste durch Erdströme auf, die in allen Fällen schlechten Empfang (geringe Lautintensität und meist keinen Fernempfang) hervorrufen.

Nun läßt sich aber auch der gerade Antennenleiter zur offenen Spule aufwickeln. Es bleibt dann bezüglich der Schwingung der Antenne dasselbe, es treten an den Spulendenen bei der Grundschwingung Stromknoten und Spannungsbauche auf. Um die Strahlung dieser Antennenform möglichst gering zu halten, ist der Spulendurchmesser möglichst klein zu halten. Die Wellenlänge einer derartigen „Spulen-Antenne“ hängt ab vom Verhältnis des Spulendurchmessers zur Spulenlänge. Die Bestimmung des Selbstinduktionskoeffizienten einer derartigen Spulen-Antenne gestaltet sich dann etwas anders. Man benutzt hierzu folgende Dimensionierungsformel

$$L = \frac{4\pi^2 \cdot D^2 \cdot n^2}{l} \cdot f \text{ cm} \quad (13)$$

Hierin bedeutet  $D$  = Durchmesser der Spule in cm,  $n$  = Anzahl der Windungen,  $l$  = Spulenlänge in cm;  $f$  = experimentell zu bestimmende Zahl.

Die Zahl „ $f$ “ kann der Tabelle 2 am Ende des Buches entnommen werden. Vorstehende Formel wird aber im allgemeinen zu große Werte für „ $L$ “ liefern, da ja die sogenannte „Ganghöhe“ der einzelnen Windungen nicht berücksichtigt ist. Man wendet dann bei exakterem Rechnen die nachfolgende Formel an

$$L = 2D\pi \cdot \left\{ \ln \frac{D\pi}{4\rho} - 0,534 + (n-1) \left( \ln \frac{D\pi}{4g} - 0,774 \right) \right\} \quad (14)$$

Hierin bedeutet  $D$  = Durchmesser der Spule in cm,  $n$  = Anzahl der Windungen,  $\rho$  = Drahtdicke in cm;  $g$  = Ganzhöhe in cm.

Die Abhängigkeit der Selbstinduktion von der Drahtdicke ist so gering, daß selbst Abweichungen von 50% von der angenommenen nicht ins Gewicht fallen.

Mit dem Wellenmesser läßt sich dann die Eigenwellenlänge  $\lambda$  der Antenne zuzuglich der Antennenspule, also  $\lambda$  für „Spulen-Antenne“ plus „Antennenspule“ bestimmen. Aus der vorstehend schon erwähnten Thomsonschen Gleichung:

$$\lambda = \frac{2\pi}{100} \sqrt{L C}, \quad (12)$$

also der „Wellenformel“, berechnet sich dann die Schwingkapazität. Damit ist dann auch die „Spulen-Antenne“ in ihren elektrischen Größen bestimmt.

Die „Spulen-Antenne“ läßt sich natürlich auch zu einer flachen Spule also in einer Ebene aufwickeln. Die Berechnung der elektrischen Größe dieser Antenne ist analog der zylindrischen Antenne, man faßt jedoch dann die Spulenlänge  $l$  auf als Windungstiefe und den Durchmesser als mittleren Durchmesser  $D$  der Windungen. Ganghöhe, Drahtdicke usw. bleibt. Abb 7 möge dies noch etwas mehr erläutern.

Es sind nun noch die Verhältnisse bei der sogenannten „Rahmen-Antenne“

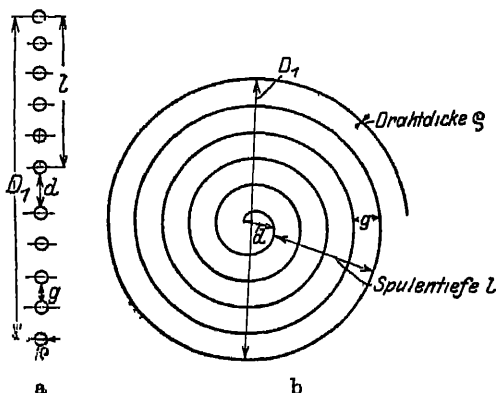


Abb 7 ' Flachspulen-Antenne

zu betrachten. Ganz allgemein versteht man unter der Rahmen-Antenne eine Spule von quadratischem, rechteckigem, manchmal auch annähernd kreisförmigem Querschnitt, entweder als Flachspule oder auch manchmal als Spule mit Ausdehnung in der Längsrichtung ausgebildet. Wir gehen bei unseren Betrachtungen wieder zurück auf den geschlossenen Schwingungskreis und betrachten da wieder das erste Teilbild der Abb. 1. Wir wollen uns nun die dort angedeutete Spule etwas mehr ausgebildet denken und ihr die Anordnung und Form geben, wie in Abb 8 angedeutet. Damit ist schon die Anordnung geschaffen, wie sie allgemein beim „Rahmenempfang“ üblich ist. Die Fun-

kenstrecke soll wieder den „Schwingungserreger“ andeuten. Allerdings eines wird bei einiger Überlegung sofort klar sein: Eine Fernwirkung nach außen hin wird nicht möglich sein, die Schwingungen verlaufen nur innerhalb des Systems, diese Art Antenne

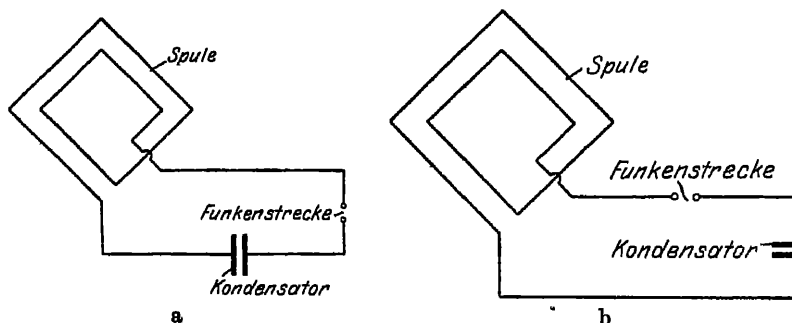


Abb. 8. Entwicklung der Rahmen-Antenne aus dem geschlossenen Schwingungskreis.

„strahlt“ nicht. Man macht von dieser Eigenschaft auch Gebrauch, wie in einem späteren Abschnitt noch näher ausgeführt wird. Nun soll im Weiterverfolg unserer Betrachtungen der Erreger in Gestalt der Funkenstrecke wegfallen und das System soll von einem außenliegenden System, also einem System mit „Fernwirkung“

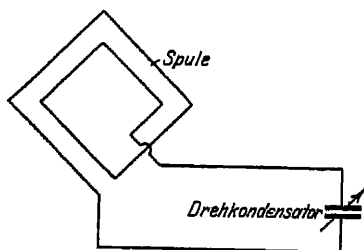


Abb 9. Prinzipielle Anordnung für Rahmen-Empfang.

bzw. „Sender-Antenne“, erregt werden. Hierzu ist die Spule oder „Spulen-Antenne“ (Rahmen-Antenne) durch den eingeschalteten Kondensator auf die Welle der Sender-Antenne abzustimmen. Da die Spule bzw. Rahmen-Antenne nicht oder nur schwer variabel ausgebildet werden kann, macht man dies auf bequemere Weise und bildet den

Kondensator als Variablen- oder Drehkondensator aus. Die Anordnung nimmt dann die Ausführung, wie in Abb 9 angedeutet, an. Nun ist aber zu beachten, daß die Spule „senkrecht“ von den Kraftlinien der Sender-Antenne durchdrungen werden muß, um entsprechend erregt zu werden, darum ist die Spule in betreff



ihrer Richtung zur Sendestelle so zu stellen, daß ihre Ebene von der Verbindungslinie zwischen Sender und Empfänger „senkrecht“ durchdrungen wird. Steht die Rahmen-Antenne derartig gerichtet zur Sendestelle, so erregt das an der Sender-Antenne erzeugte Wechselfeld, nach den Untersuchungen von Braun und Rausch von Traubenberg, in der Rahmen-Antenne mit der Windungsfläche  $F$  eine elektromotorische Kraft.

$$e = F \cdot \frac{dH_1}{dt} = \omega \cdot F \cdot H_0 \cdot \cos \omega t \quad (15)$$

Hierin bedeutet:  $F$  = Windungsfläche der Antenne,  $H_0$  = das Feld der Sender-Antenne;  $\omega$  = Winkelgeschwindigkeit oder Bogen in der Zeiteinheit,  $\omega t$  = der der Zeit proportionale Bogen;  $\cos$  = Kosinus des Winkels, den dieser Bogen einschließt.

Ist nun die Spulen-Antenne durch den variablen Kondensator auf die Welle des Sender-Antenne abgestimmt, so ist die wirksame Stromstärke

$$i = 10 \cdot \frac{\omega \cdot F_{\text{cm}^2} \cdot H_0}{10^9 \cdot w \Omega} \text{ Ampere} \quad (16)$$

In vorstehender Gleichung ist nur eine Größe noch unbekannt, nämlich „ $w$ “. Dies bedeutet den Wirkwiderstand, also den „Ohmschen“ Widerstand der Antennenspule oder Rahmen-Antenne, gemessen in Ohm.

Dieser Strom ist aber nur sehr klein, daher muß der Empfänger, der an eine solche Antenne angeschlossen wird, mit bedeutender Verstärkung arbeiten. Die Kleinheit der Stromstärke ergibt sich aus der geringen Energieaufnahme einer solchen Drahtschleife, wie sie die Rahmen-Antenne darstellt. Die offene Antenne bzw. der offene Schwingungskreis wird hauptsächlich von „elektrischen“ Kraftlinien angeregt, währenddem auf die Spulen- oder Rahmen-Antenne hauptsächlich die „magnetischen Kraftlinien“ wirken. Nun ist aber bekannt, daß die Induktionswirkung der magnetischen Kraftlinien dann am größten ist, wenn die Ebene einer Drahtschleife „senkrecht“ von den magnetischen Kraftlinien geschnitten wird. Daher auch die sogenannte große „Richtwirkung“ der Rahmen-Antenne. Nur Sender, deren Richtung senkrecht zu der Rahmenantenne ist, werden mit der größten Lautstärke empfangen, während andere Sender, die nicht in der zur Ebene der

Rahmenantenne senkrechten Richtung liegen, schwach oder gar nicht empfangen werden. Dies ist natürlich ein wertvolles Mittel, sogenannte „Storer“ fernzuhalten und nur genau auf eine Station einzustellen, was sich dann angenehm bemerkbar macht, wenn die Wellenlänge der einzelnen Stationen sehr nahe beieinander liegen. Davon noch später.

Bezüglich der Dimensionierungsformeln gilt im allgemeinen die Formel für die „Spule“. Damit läßt sich der Selbstinduktionskoeffizient praktisch recht gut bestimmen. Allerdings hat man dabei auch die sogenannte „Ganghöhe“ der Windungen zu beachten, da man sonst falsche Werte für „ $L$ “ erhält.

Bequemer für die Dimensionierung ist die Benutzung des „Nomogramms“ nach Tabelle 3, deren Gebrauch nachstehend noch näher erläutert wird.

Als Dimensionierungsformel zur Berechnung von Selbstinduktivitäten an Spulen, also auch für „Spulen-Antennen“, kommt in Frage.

$$L = (\pi \cdot D \cdot n)^2 \cdot l \cdot f \text{ cm} \quad (17)$$

Hierin bedeutet  $L$  = Selbstinduktion in cm,  $D$  = Mittlerer Windungsdurchmesser in cm,  $n$  = Anzahl der Windungen je cm Wicklungslänge,  $l$  = Länge der bewickelten Spule,  $f$  = ein Koeffizient, der abhängig ist von dem Verhältnis  $\frac{l}{D}$  und aus Tabelle 2 entnommen werden kann.

Nun liegen aber die Windungen der Rahmen-Antenne aus elektrischen Gründen nicht hart nebeneinander, im Gegenteil, es muß sogar ein gewisser Mindestabstand der Windungen gewahrt werden, man hat also die sogenannte „Ganghöhe“ noch als Faktor in Betracht zu ziehen. Dies ist in Formel (17) noch nicht berücksichtigt, sie wird also für „ $L$ “ zu große Werte liefern. Man muß sich also einer exakteren Formel für die Bestimmung des Selbstinduktionskoeffizienten bedienen. Für quadratische Rahmen, wie Rahmen-Antennen meist ausgeführt werden hat „Esau“ folgende Gleichung abgeleitet:

$$L = 8an \cdot \left\{ \ln \frac{a}{\varrho} - 0,534 + (n + l) \left( \ln \frac{a}{g} - 0,774 \right) \right\} \quad (18)$$

Hierin bedeutet  $a$  = Quadratseite in cm,  $n$  = Windungszahl;  $\varrho$  = Drahtdicke in cm;  $g$  = Ganghöhe in cm.

Hat der Rahmen nicht quadratische Form, sondern rechteckige oder polygone Formen, so ist der Umfang der einzelnen geometrischen Gebilde auf den Umfang des Quadrates bzw. den 4. Teil des Umfangs, also auf die Quadratseite umzurechnen. Beim Rechteck mit den Seiten  $b$  und  $c$  wird sich dies folgendermaßen gestalten.

$$\left. \begin{aligned} \text{Umfang des Quadrates} &= 4a = \text{Umfang des Rechteckes} \\ &= 2(b + c) \end{aligned} \right\} \quad (19)$$

somit:

$$2a = b + c$$

und

$$a = \frac{b + c}{2}$$

An Stelle von „ $a$ “ in obiger Gleichung ist dann  $\frac{b + c}{2}$  zu setzen, man hat dabei die Fläche des Rahmens auf die entsprechende Quadratfläche umgerechnet. Beim Polygon wird es ähnlich

$$x = \text{Polygonseite},$$

dann gestaltet sich die Umrechnung folgendermaßen

$$4a = n x \quad (20)$$

wo  $n$  = Anzahl der Polygon- oder Vieleckseiten, somit

$$a = \frac{n x}{4},$$

das anstatt „ $a$ “ in obiger Gleichung einzusetzen.

Damit ist das geometrische Gebilde immer wieder auf das Quadrat bezogen und man hat die gleichen Verhältnisse wie beim Quadrat. Naturgemäß ist es immer langwierig, eine so umfangreiche Gleichung wie Gleichung (18) auszuwerten und daraus „ $L$ “ zu errechnen. Man bedient sich da auch wieder vorteilhaft des Nomogramms. In Tabelle 3 ist ein Nomogramm für Dimensionierung von „ $L$ “ enthalten. Diese Tabelle genügt den Ansprüchen, wie sie die Praxis verlangt. Die Tabelle enthält die Fluchtlinien, und zwar „ $a$ “ für die Abmessungen der Quadratseiten, „ $L$ “ für Ablesung der Induktionen und „ $n$ “ für Ablesung der Windungszahlen. Beim Gebrauch der Tabelle geht man in der gleichen Weise vor, wie schon bei der Fluchtlinientafel der Tabelle 1 erläutert. Die

gerade Verbindungslinie ergibt jeweils auf ihrem Schnittpunkt mit der Unbekannten den gesuchten Wert. Aber auch hier ist noch eine Korrektur bezüglich der Ganghöhe vorzunehmen, diese gestaltet sich folgendermaßen. Wir bezeichnen den Wert der Korrektur mit  $\Delta$ ,  $\gamma$  den Wert der Verschiedenheit der Ganghöhe von der angegebenen, dann ergibt sich die Korrekturformel zu:

$$\Delta = -40\gamma \cdot a \cdot n^2 \quad (20)$$

Das Nomogramm ist aufgestellt für eine Ganghöhe von „g“ = 0,2 cm und eine Drahtdicke „d“ von = 0,03 cm, auch dies Verfahren soll an Übungsbeispielen später noch näher erläutert werden.

Wie vorstehend schon einmal bemerkt, ist die Abweichung von der Drahtdicke nicht weiter von Einfluß auf die Rechengenauigkeit, selbst Abweichungen von 50% von der angenommenen Drahtdicke fallen nicht ins Gewicht, daß dadurch der Wert der errechneten Selbstinduktion in seiner Genauigkeit beeinflusst wurde, auch der Einfluß der Korrektur „ $\Delta$ “ beim Gebrauch des Nomogramms ist nicht allzu groß.

Nach vorstehendem wird vielleicht noch mancher Leser nicht ganz in der Lage sein, die elektrischen Größen seiner Antenne zu berechnen bzw. zu dimensionieren. Es wird da und dort noch eine Lucke sein, die scheinbar nicht zu überbrücken ist. Doch läßt sich auch dieser Schwierigkeiten Herr werden. Sehr viel Erleichterung wird es sein, wenn man bei der Berechnung den indirekten Weg einschlägt, d. h. von vornherein eine Antenne bestimmter Form, Länge, Drahtdicke, sowie auch eine bestimmte Länge der Zuführungsdrähte annimmt. Diese Annahme wird noch um so mehr erleichtert werden, unter Umständen auch bestimmt durch den zur Verfügung stehenden Platz im Zimmer oder der Wohnung, wo die Antenne angebracht werden soll. Meist sind dann noch weitere bestimmte Größen vorhanden in Gestalt von Spulen, Drehkondensatoren, Variometern und sonstigen Abstimmungsmitteln, also Induktivitäten und Kapazitäten, deren elektrische Verhältnisse bekannt oder wenigstens leicht zu erfahren sind. Meist hat dann der Amateur noch gleichfalls einen bestimmten Wunsch bezüglich der zu empfangenden Wellenlängen. Damit sind dann schon so viele Anhaltspunkte gegeben, daß meist die Antenne schon überschläglich dimensioniert, bzw. die sich er-

gebenden Verhältnisse überschläglicb übersehen werden können. Man kann dann an Hand der gegebenen Daten meist rückwärts recht genau die Antenne durchrechnen und damit dann kontrollieren, ob die angenommenen Verhältnisse für den vorliegenden Fall richtig sind oder nicht. Man kann dann willkürlich den einen oder anderen Teil verändern, dann erneut durchrechnen und so überprüfen, wie die Sachlage unter den neuen Verhältnissen ist. Für denjenigen, der mit den mathematischen Beziehungen und theoretischen Abhängigkeit der einzelnen Größen nicht so recht umzugehen weiß, ist als letzter gangbarer Weg immer noch das „Probieren“ zu empfehlen, auch der Theoretiker wird letzten Endes ohne das Experiment nicht auskommen, um damit rückwärts die Erkenntnisse zu gewinnen, die er notwendig zur Rechnung braucht.

Bei der Innen-Antenne treten zu den schon bestehenden Schwierigkeiten noch die hinzu, die in der Art der Sache begründet sind. Die Innen-Antenne muß unter Bedingungen arbeiten, die meist unbekannt sind. Es sei da in allererster Linie an die große Kapazitätsbeeinflussung gedacht, die sie durch die Umgebung erfährt. Und diese Beeinflussung wechselt ständig, da sich die Umgebung der Antenne niemals in konstanter Verfassung befindet. Es sei da nur an den Feuchtigkeitszustand, Temperaturunterschied usw. der Wohnung bzw. des Zimmers gedacht, in dem die Antenne angelegt ist. Das sind Größen in Gestalt von Zusatzkapazitäten bzw. Kapazitätsverminderungen, die sich weder übersehen, noch vorausbestimmen, noch überhaupt rechnerisch erfassen lassen. Wohl ist dadurch der Empfang zeitweise beeinträchtigt, jedoch wohl niemals ganz unmöglich gemacht. Man wird sich im wesentlichen wohl damit abfinden müssen, wie auch manchmal bei der Hoch-Antenne, wenn man nicht vorzieht, durch fremde Eingriffe, wie Anwendung weiterer Verstärkung, Erhöhung der Heizung bzw. der Anodenspannung also Vergrößerung des Emissionsstromes, die Lautstärke zu verbessern. Es ergeben sich manchmal, je nach Art der Umgebung der Antenne, Verhältnisse, die von denen der Hoch-Antenne so verschieden sind, daß man mit dem Apparat ganz andere Stationen und Wellenlängen erhält, wenn man ihn einmal an die Innen-Antenne und dann an die Hoch-Antenne anschließt. Doch gehört dies immerhin zu den Ausnahmen, meist werden die Verhältnisse annähernd übereinstimmen, so daß im

wesentlichen die Induktionen und Kapazitäten, wie sie bei der Hoch-Antenne Verwendung finden, auch bei der Innen-Antenne angewandt werden können. Auch hier wird das „Experiment“ wertvolle Dienste leisten und das größte Hilfsmittel sein, um der schwierigen Materie Herr zu werden. Man wird da an Hand der gesammelten Erfahrungen am leichtesten die sich ergebenden Schwierigkeiten übersehen und damit letzten Endes zu einem restlos befriedigenden Resultate kommen. Und dazu soll die Theorie mit einen Weg bilden für den, der sich restlos ihrer bedienen kann.

## 2. Ausführungsformen der Innen-Antennen.

Genau wie bei der Hoch-Antenne unterscheidet man bei den Innen-Antennen ein- und mehrdrähtige Antennen, Flächen-, Schirm- und Harfen-Antennen, nach der Anbringung der Herunterführung „L“- und „T“-Antennen. Schließlich noch die eigentlichsste Innen-Antenne. die Rahmen-Antenne. Es sollen nun die einzelnen Antennenarten näher betrachtet werden.

Mit der eindrähtigen Antenne wird wohl nur in den seltensten Fällen durchzukommen sein, da die zur Anbringung der Innen-Antennen zur Verfügung stehenden Räumlichkeiten immerhin nicht die Abmessungen aufweisen, die nötig sind. Dies wird wohl nur dann der Fall sein, wenn eine ganz ausgedehnte Wohnung zur Verfügung steht. Man wird also in den meisten Fällen zu einer mehrdrahtigen Antenne greifen müssen. Schließlich wird auch die Antennenführung nicht immer einfach sein, da sie bedingt ist durch Wände, Türen, Fenster, Beleuchtungskörper, Unterzüge und Balken, wie sie in den Wohnräumen anzutreffen sind. Dadurch ergeben sich dann manche Schwierigkeiten in der Befestigung und der Abspannung, die aber bei weitem nicht heranreichen an die Schwierigkeiten beim Anbringen einer Hoch-Antenne. Allerdings, vollkommen ästhetisch wirkt die Innen-Antenne niemals, man wird immer bei der Anbringung Kompromisse schließen müssen, sie bleibt im Raum immer ein Fremdkörper und wird bei der Inneneinrichtung als solcher wirken. Besonders die erforderlich werdenden Abspannvorrichtungen dürften manchmal recht unschön wirken. Doch läßt sich auch hier manches bessern. Man kann ja noch einen Schritt weiter-

gehen und den geraden offenen Leiter zu einer Spule, gleichfalls offen, aufwickeln, man erhält dann die sogenannte „Ritter-Antenne“, wie sie in Abb 10 dargestellt ist. Man wird bei einer derartigen Antenne wohl mit geringerem Platz auskommen, hat aber die Nachteile der veränderlichen Selbstinduktion mit in Kauf zu nehmen, die dadurch entstehen, daß sich das Verhältnis des Durchmessers der zur offenen Spule gewickelten Antenne und ihrer Länge ändert, je nachdem die

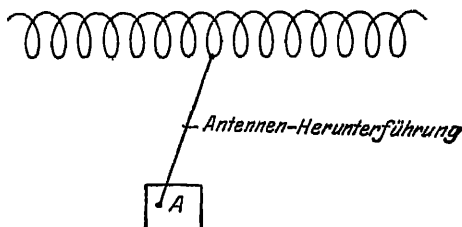


Abb. 10 Ritter-Antenne.

offene Spule mehr oder weniger ausgezogen wird. Dies ergibt dann wiederum Verschiedenheiten in der Abstimmung, so daß von einer Stellung, die einer bestimmten Wellenlänge und damit Sendestation entspricht, nicht mehr gesprochen werden kann. Um dem abzuhelpen, mußte die spiralgig aufgewickelte Antenne dauernd an ihrem Platze belassen werden, damit hat sie aber ihren Vorteil der schnellen Bereitschaft und der geringen Raumeinnahme bei Nichtgebrauch eingebüßt, so daß man damit auch bei der „elektrisch“ besseren gewöhnlichen Antenne als „L“- oder „T“-Antenne mit einem oder mehreren Drähten bleiben kann.

Einen Übergang zur Rahmen-Antenne bildet die sogenannte „Flachspiral-Antenne“. Diese Antenne wird hauptsächlich dort Anwendung finden, wo man aus Mangel an Platz keine richtige Zimmer-Antenne

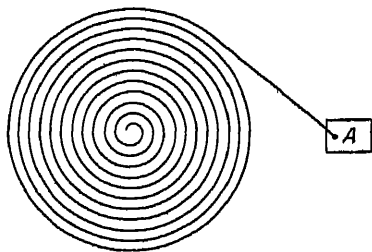


Abb 11. Flachspiral-Antenne.

anbringen kann, also in erster Linie auf Bodenkammern und Mansarden, schrägen Wänden, schiefen Decken usw. Wie sich eine derartige Antenne gestaltet, möge Abb. 11 dartun.

Ein Maß für die Länge des erforderlichen Antennendrahtes gebe nachstehende Tabelle, die gültig ist, wenn der Abstand zwischen den einzelnen Drähten ca 8 cm beträgt

Fläche in Quadratmetern	Länge des erforderlichen Antennen- drahtes in Metern
1	10
1,32	26
1,40	31
1,48	37

Die Rahmen-Antennen können die verschiedensten Formen und Ausführungsarten besitzen. In gewissem Sinne ist schon die vorstehend beschriebene Flachspiral-Antenne als „Rahmen-Antenne“ anzusprechen, aber auch die Ritter-Antenne läßt sich als Rahmen-Antenne ausbilden, wenn man den Spulendurchmesser vergrößert und die Windungslänge verkürzt. Nur werden bei allen Rahmen-Antennen beide Enden des Antennendrahtes mit dem Empfänger verbunden, und zwar das eine Ende mit der Antennenklemme, das andere Ende mit der Erdklemme. Wichtig ist, wie schon im Abschnitt Theorie bemerkt, daß man die Ebene der Rahmen-Antenne beliebig verändern kann, also der Rahmen um eine senkrechte Achse gedreht werden kann. Dies kommt aber nur dann in Frage, wenn mehrere Sender empfangen werden sollen. Kommt nur der Empfang eines einzigen Senders in Frage, genügt es, die Antenne an der Wand anzubringen, die in der Richtung zur Sendestation senkrecht steht. Dies wird aber nicht immer möglich sein und man muß dann eine geringere Lautstärke mit in Kauf nehmen.

Der Vollständigkeit halber seien noch die Arten von Innen-Antennen erwähnt, die nur als „Ersatz-Antennen“ anzusprechen sind und nur in Sendestädten, also Orten wo sich ein Sender befindet, und nur zum Empfang des örtlichen Senders benutzt werden. Das sind zunächst eiserne Träger, Gasleitungen, die jedoch durch ein Isoherstück von der Hauptleitung zum Hause abzutrennen sind, Treppengeländer aus Eisen, Panzerplatten und Saitenbespannung eines Klaviers, eiserne Bettstellen, eiserne Tische u. dgl. m.

Hier lassen sich eigentliche elektrische Verhältnisse nicht ermitteln, sie sind auch nicht erforderlich; denn meist wird man an Sendeortern mit einigermaßen guten Empfangsgeräten ohne jegliche Antenne auskommen, so daß die Ersatz-Antennen ohnedies überflüssig werden. Sollen jedoch auch andere Sender als der örtliche aufgenommen werden, sind unbedingt „richtige“ Antennen



und keine „Ersatz-Antennen“ zu verwenden. Unter „richtigen“ Antennen sind immer solche zu verstehen, deren Dimensionierung nach bestimmten Prinzipien vor sich ging, also immerhin eine Bestimmung der erforderlichen elektrischen Größen stattgefunden hat und deren Selbstinduktion beziehungsweise Schwingkapazität zu der gewünschten Wellenlänge paßt und mit den sonstigen Abstimmungsmitteln in Übereinstimmung gebracht worden ist

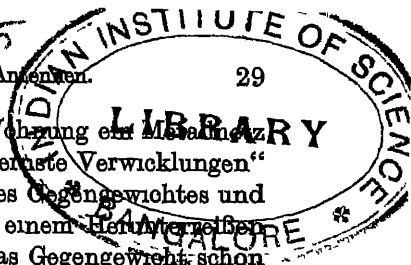
Über die Güte der einzelnen Antennenarten lassen sich schlecht Urteile fallen, nur soviel sei vorweg genommen, daß die Rahmen-Antenne in ihrer Lautintensität sehr hinter der Innen-Antenne zurückbleibt, der Grund ist ohne weiteres ersichtlich und auch im Abschnitt Theorie näher behandelt. Sonst läßt sich nichts weiter sagen, denn der Empfang mit Innen-Antenne hängt viel zu sehr von äußeren Einflüssen, in erster Linie von der Umgebung ab. Vor allem ist bei den Innen-Antennen hervorzuheben ihre außerordentliche Kapazitätsempfindlichkeit gegenüber der Umgebung. Um allen Verhältnissen gerecht zu werden, empfiehlt sich immer eine gute Durchrechnung, verbunden mit Ausprobieren. Es können deshalb nachstehend für die Bauanleitung nur allgemeine Richtlinien gegeben werden. Der Einzelne muß wohl jeweils die Anbringung auf seine Verhältnisse zuschneiden, und es bleibt ihm da ein gewisser Spielraum immer unbenommen, da ja die einzelnen Anbringungsarten immer große Verschiedenheiten gegeneinander zeigen werden. Doch haben die angegebenen Richtlinien sich bewährt und sind alle diesbezüglichen Versuche vom Verfasser unternommen worden und haben restlos gute Erfolge gezeigt, auch beim Vergleich mit Versuchen an der Hoch-Antenne. Experimente mit Rahmen haben jedoch immer eine geringe Laut-Intensität ergeben und mußte da zu größeren Verstärkungsgraden gegriffen werden.

### 3. Die Erd g.

Großen Einfluß auf die Wirksamkeit der Empfänger hat bei Anschluß der Apparate an die Innen-Antenne eine gute Erdung. Theoretisch ist ja schon ihre Bedeutung in dem diesbezüglichen Abschnitt dargelegt. Ein Versuch überzeugt schon ohne weiteres auch davon. Man wird in der Wohnung als erstes zumeist die Wasserleitung benutzen. Dabei ist aber darauf zu achten, daß

die Verbindung gut ist und auch gut bleibt. Dies wird am besten dadurch zu erreichen sein, daß man die Erdleitung an eine sogenannte Schelle anklemmt und diese um das Wasserrohr herumlegt. Man muß dabei natürlich auf blanke Auflageflächen an Schelle und Rohr achten und wird gut daran tun, ein Stückchen Zinnfolie, Staniolpapier (auch Silberpapier genannt) dazwischen zulegen, damit eine Oxydation nach Möglichkeit vermieden wird. Die beste Verbindung wäre ja allerdings eine Lötverbindung, doch läßt sich dies bei Wasserrohren schlecht durchführen. Weiter kann als gute Erde aber auch eine Dampfleitung von der Heizung benutzt werden. Selbstverständlich kann aber auch eine besondere Erdung gelegt werden dadurch, daß eine Metallplatte oder ein Rohr in den Boden gelegt und daran dann die Erdverbindung angeschlossen wird. Unter Umständen kann mit Genehmigung des zuständigen Amtes auch die Erdung des Amtstelephons mit gutem Erfolg benutzt werden. Nicht zu empfehlen ist, als Erdung die Dachrinnenrohre zu benutzen, diese haben meistens keine Verbindung mit der Erde, denn sie sind oft oxydiert, wenn nicht sogar durchgerostet. Weiter ist nicht zu empfehlen, die Erdleitung von Blitzableitern zu benutzen. Auch hier kann man sich selten vom guten Zustand der Erdung restlos überzeugen, auch hier besteht unter Umständen keine Verbindung mehr mit der Erdplatte, und derartige Anlagen bilden im Falle eines eintretenden Blitzschlages eine ernste Gefahr für den Apparat und den Benutzer desselben. Auch nicht zu empfehlen sind Gasleitungen und die Erdklemme der elektrischen Lichtleitung. Die Städte sind an und für sich schon durch schwere Störungen verseucht, die meist in starken Erdströmen gipfeln, und da soll man nicht noch weitere Störungen künstlich schaffen. Besonders wird man mit Störungen zu kämpfen haben, wenn man die „Erde“ bzw. den Nulleiter der elektrischen Lichtanlage als Erdung benutzt.

Wie wir aus den theoretischen Überlegungen gesehen haben, kann man statt der „Erdung“ auch ein entsprechendes Gegengewicht in Gestalt eines genügend langen Drahtes oder eines Metallnetzes benutzen. Ein derartiges Gegengewicht wird dann einfach auf den Boden des Empfangsraumes bzw. des Raumes, wo die Antenne angebracht ist, gelegt. Bei einem Drahte mag dies in der Wohnung noch angehen, aber es dürfte doch immerhin



einige Schwierigkeiten bereiten, in einer Wohnung ein Mikrophon auszubreiten. Sicher wird es damit bald „ernste Verwicklungen“ geben, die entweder zu einer Zerstörung des Gegengewichtes und manchmal sogar durch Unachtsamkeit zu einem Herunterfallen des Empfängers führen. Außerdem muß das Gegengewicht schon recht gut dimensioniert sein, um die gleiche Lautintensität des Empfängers, wie bei einer guten Erdung, zu gewährleisten. Meist kann das richtige Gegengewicht nur durch mehrmaliges Probieren gefunden werden.

In dieser Hinsicht sind die Rahmen-Antennen wieder vorteilhaft, denn sie benötigen gar keine besondere Erde. Das eine Ende der Rahmenspule wird an die Antennenklemme des Apparates, das andere Ende der Rahmenspule an die Erdklemme des Apparates angelegt. Wie schon mehrmals bemerkt, muß man aber bei Rahmenempfang die geringe Lautstärke und Reichweite des Empfängers mit in Kauf nehmen bzw. zu hochwertigen Schaltungen größerer Verstärkungsziffer, mehr Röhren bzw. komplizierten Mehrrahmenanordnungen seine Zuflucht nehmen. Die Resultate werden aber immer etwas unbefriedigend bleiben, zum Teil auch unwirtschaftlich.

#### 4. Güte des Empfanges bei Innen-Antennen.

Die Güte des Empfanges bei Innen-Antennen ist ein sehr „dehnbarer“ Begriff. Verglichen mit einer vorzugshohen Hoch-Antenne, in großer Höhe angebracht, wird sie allerdings an Lautintensität etwas zuruckstehen, doch in den meisten Fällen wird es nicht möglich sein, die Hoch-Antenne so weit über Dach anzubringen, daß durch letzteres keine Beeinflussung mehr entsteht. Und so wird in den meisten Fällen die Innen-Antenne der Hoch-Antenne an Lautintensität kaum nachstehen. Wohl wird man unter Umständen weniger Stationen „hören“ können mit der Innen-Antenne als mit der Hoch-Antenne, dies hängt aber meist von der Umgebung ab, in der sich die Innen-Antenne befindet. Enthalten die umgebenden Wände viel Metallteile oder ist das Gebäude, in dem sich die Antenne befindet, gar aus Eisenbeton erstellt, so wird der Empfang immer schlecht sein. Denn die Metallteile wirken wie ein Schirm gegen die Wellen und in einem Eisenbetongebäude befinden sich Antenne und Empfänger wie

in einem Schutzkäfig gegen die Wellen. Eine bedeutende Rolle spielen auch die Nachbargebäude, die um die Antenne liegen. Diese können gleichfalls stark dampfend und energieverzehrend wirken, je nachdem aus welchem Material sie erstellt sind und mehr oder weniger Metallteile enthalten. Bei den leichten Ziegel- und Backsteinbauten, aus denen heute meist die moderneren Wohnhäuser erstellt sind, ist in dieser Hinsicht nicht viel zu befürchten. Holzbauten sind in dieser Hinsicht, auch vor allem bezüglich eines dämpfungsfreien Empfanges, am idealsten. In welchem Stockwerk die Antenne angebracht wird, ist auch kaum von besonderem Einfluß. Umgebende Kapazität, Schirmwirkung und Dämpfung durch große Metallmassen ist sowohl im ersten als auch im obersten Stockwerk vorhanden, ist also nicht von Einfluß auf die Lage der Antenne, sondern beeinflusst sie in gleichem Maße im ersten Stockwerk wie im obersten. Diesbezüglich angestellte Versuche erwiesen diese Tatsache. Auch bei einer Hoch-Antenne läßt sich ja eine derartige Beeinflussung nachweisen.

Was nun die Frage der „Störbeeinflussung“ der Innen-Antenne betrifft, so läßt sich ganz allgemein sagen, daß sie den atmosphärischen Störungen in keiner Weise so ausgesetzt ist wie die Hoch-Antenne. Elektrische Ladungen und Störungen in der Atmosphäre beeinflussen sie nicht direkt, da sie ja durch ihre Umgebung gut abgeschirmt ist vor derartigen Einflüssen. Anders sieht es aber mit sogenannten „örtlichen Störern“ aus. Empfänger, die mit Hoch-Antenne und freier Rückkopplung arbeiten, machen sich bei falscher Bedienung der Rückkopplung durch unangenehmes Heulen und Pfeifen bemerkbar. Auch die Störgeräusche durch die Funkenbildung an den Bügeln der Straßenbahnen sind von Einfluß auf die Antenne und machen sich durch Zischen, Krachen und Knacken recht unangenehm bemerkbar. In dieser Hinsicht ist auch der sonst als „störungsfrei“ vielgerühmte Rahmen empfindlich. Die Störgeräusche der Städte beeinflussen auch ihn und machen damit den Empfang in der Großstadt manchmal zu einem recht „zweifelhaften“ Genuß. Überhaupt darf wohl behauptet werden, daß in den mit Störquellen aller Art verseuchten Großstädten bezüglich „Störungen“ vom einzelnen Kompromisse geschlossen werden müssen. Viel Störungen gehen auch durch die Erdleitung in den Apparat und verursachen dort Geräusche, die meist von starken Erdströmen, vagabundierenden Strömen

u. dgl. herrühren. Dagegen hilft dann zuweilen auch die Verwendung des „Gegengewichtes“ statt einer „richtiggehenden“ Erdung, doch nur zuweilen, dafür treten dann wieder andere Störungen in Erscheinung. Jedenfalls auch mit Innen-Antenne und Rahmen-Antenne läßt sich restlos eine Störungsfreiheit des Empfanges nicht erzielen. Atmosphärische Störungen, vor allem Gewitterbeeinflussungen, lassen sich vermeiden, sofern sie nicht schon die ankommenden Wellen beeinflussen.

Bezüglich der Lautintensität lassen sich Normen für die an Innen-Antennen angeschlossenen Apparate auch nicht gut aufstellen. Die Witterung beeinflußt sehr die Übertragung, auch viel der Feuchtigkeitszustand der Umgebung der Innen-Antenne. Man findet da manchmal Beeinflussungen recht merkwürdiger Art. Nachstehend seien nun einige Versuchserfahrungen bekanntgegeben. Die Versuche wurden durchgeführt mit einem einfachen Rückkopplungsempfänger von 2—5 Röhren, darunter 1—2 Hochfrequenzstufen. Die Versuche wurden in Süd- als auch in Norddeutschland durchgeführt, jedoch an Orten, in denen sich kein Ortssender befand. Es ergab sich folgendes:

Beim Anschluß eines Zweiröhrenempfängers mit Hochfrequenzröhre und Audion waren die zunächst liegenden Sender im Umkreis von ca. 100—300 km im Kopfhörer gut vernehmbar. Bei ganz guten Verhältnissen (entsprechender Witterung) war auch Empfang englischer Stationen möglich. Die Lautstärke im Kopfhörer war die eines normalen Stadtgespräches für die nächsten Stationen und die eines deutlichen, jedoch leiseren Ferngespräches für die ferneren deutschen und englischen Sender. Mit einem Dreiröhrenempfänger, bei Hinzufügung einer Niederfrequenzstufe mit der dritten Röhre, war für die nahen Sender im kleinen Zimmer schon bescheidener Lautsprecherempfang möglich, während die ferneren deutschen Sender und auch die englischen Stationen im Kopfhörer in der Stärke eines normalen Stadt-Telephongespräches hörbar waren. Die Hinzufügung einer weiteren Niederfrequenzstufe, also der Anschluß eines Vierröhrenempfängers, ermöglichte guten Lautsprecherempfang im Zimmer auch von ausländischen und den englischen Stationen. Bei Anwendung eines Fünfröhrengerätes mit zwei Hochfrequenz- und drei Niederfrequenzstufen war Lautsprecherempfang auch in einem Saale möglich, desgleichen waren sämtliche deutschen, aus-

ländischen und englischen Stationen zu hören. Mit einem derartigen Gerät waren auch in Betonbauten dahingehend Erfolge zu erzielen, daß Empfang in- und ausländischer Stationen, wenn auch in der Lautstärke etwas gedämpft, mit dem Lautsprecher möglich war. Größere Ansammlung von Menschen nur wenige Meter von der Innen-Antenne beeinflußte den Empfang derartig stark, daß nur die nahen Sender noch zu hören waren. Erst ein Wegtreten von der Antenne ergab wieder normalen Empfang.

Was nun Störbeeinflussungen der an Innen-Antennen angeschlossenen Apparate betrifft, kann gesagt werden, daß selbst bei unvorsichtigstem Hantieren mit freier Rückkopplung keine Störung anderer Empfänger stattfindet. Rahmen-Antennen „strahlen“ in dieser Hinsicht ja überhaupt nicht, und die Strahlung der offenen Innen-Antennen wird durch die Umgebung so stark gedämpft, daß nennenswerte Störschwingungen überhaupt nicht nach außen dringen. Hierüber angestellte Versuche ergaben, daß kaum im nächsten Zimmer Beeinflussungen an einem anderen Apparat zu merken waren, wenn im anderen Zimmer ein an die Innen-Antenne angeschlossener Apparat ins Schwingen geriet. Jedenfalls in allernächster Nähe liegende Hoch-Antennen wurden in keiner Weise mit Störungen „infiziert“. Damit durften derartige Störquellen, also sogenannte „Rückkoppler“, wenn sie ihre Apparate an Innen-Antennen anschließen, bei vermehrtem Anschluß an Innen-Antennen, wegfallen.

Abschließend läßt sich sagen, daß die Innen-Antennen bei richtiger Anlage und Dimensionierung nur ganz wenig den Hoch-Antennen nachstanden, so daß sich der große Kostenaufwand für eine Hoch-Antenne kaum mehr lohnt.

## 5. Anleitung zu Bau von Innen-Antennen.

### a) Offene geradlinige Antennen.

Es soll der Fall der Anbringung einer geradlinigen Antenne in einem Zimmer besprochen werden. Da ein Zimmer kaum die Abmessungen haben dürfte, wie sie für Anbringung von nur einem Antennenleiter erforderlich sein müßten, ist die Antenne in mehrere parallele Antennendrahte zu teilen. Jeder Draht erhält seine besondere Herunterführung; die einzelnen Herunterführungen werden erst an der Antennenanschlußklemme des Empfangs-

apparates miteinander vereinigt. Hat man überschlaglich, rechnerisch oder nomographisch die erforderliche Länge des Antennenleiters bestimmt, wird man ihn in soviel parallel geschaltete Drahte zu unterteilen haben, als die annähernde Länge oder Breite des Raumes in der gesamten Antennenleiterlänge enthalten

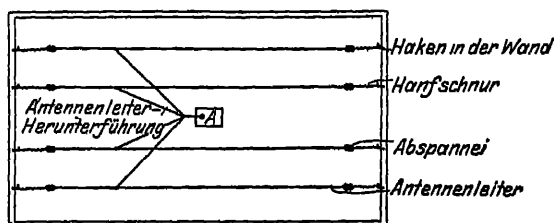


Abb. 12. Innen-Antenne in einem Zimmer.

ist. Es ist dabei aber noch zu berücksichtigen, daß eine gewisse Isolation der Antennenleiter von der Wand, in Gestalt von Abspannei an einer Schnur befestigt, die dazwischengeschaltet ist, vorhanden sein muß. Es wird eine Länge der Schnur von 15—20 cm jeweils genügen. Die Schnur, am besten Hanfschnur, wird mit-samt dem an ihr befestigten Isolator mit Antennenleiter an einem in die Wand geschlagenen Haken, sogenannten „Kloben“, befestigt bzw. eingehängt. Abb. 12 zeigt im Grundriß einen Raum, in dem eine geradlinige Innen-Antenne mit 4 parallel geschalteten

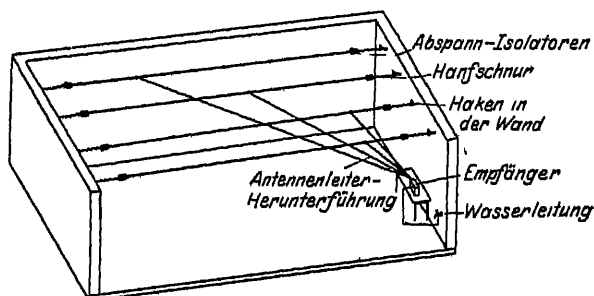


Abb. 13. Mehrdrähtige Antenne in einem Raum

Antennenleitern angebracht ist. Jeder Antennenleiter hat seine besondere Herunterführung, die erst an der Apparatklemme mit den anderen Herunterführungen vereinigt wird. Als Erdung benutzt man dazu am besten die Wasserleitung. Abb. 13 zeigt perspektivisch den Raum mit der Innen-Antenne. Man wird ver-

meiden, mit der Innen-Antenne mit Beleuchtungskörpern oder sonstigen Metallmassen in Berührung zu kommen.

Diese Antenne, quer durch den ganzen Raum gezogen, wird wohl auf manchen etwas unschon wirken. Sie sieht fast nach „Wäscheleine“ im Zimmer aus. Man kann dann eine etwas andere Anordnung wählen. Man fährt mit dem Antennenleiter an den vier Wänden des Zimmers entlang und kann somit auch eine ge-

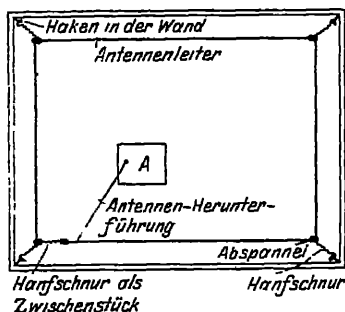


Abb. 14 Antennenanlage in einem Raum, mit an den Wänden entlang geführtem Draht.

wisse Länge im Zimmer unterbringen. Man wird den Draht an den vier Ecken des Zimmers mit Abspanneiern isolieren und halten und Anfang und Ende durch eine isolierende Zwischenlage, z. B. Abspannkugeln mit Hanfschnur, miteinander verbinden. Man kann dann das Ende des Antennenleiters gleich als Herunterführung zum Apparat benutzen. Spannt man den Antennenleiter in Höhe der Borde der Tapete oder des Frieses im Raum und tut man

noch ein übriges, indem man den Antennendraht in der gleichen Farbe wie Tapetenborde oder Fries wählt, desgleichen die Farbe der Abspanneier und der sie haltenden Hanfschnur aussucht, so dürfte nur bei aufmerksamem Beobachten eine derartige Antenne sichtbar sein. Abb. 14 zeigt die Einzelheiten einer derartig angebrachten Innen-Antenne. Als Abstand für diese Antenne von der Wand dürfte ein solcher von 10–20 cm genügen. Selbstverständlich kann eine derartige Antenne in einem Raum nur dann verwendet werden und auch mit Erfolg benutzt werden, wenn die Abmessungen des Raumes derartig sind, daß die erforderliche Länge, damit auch die nötige Schwingkapazität, bei der Antenne gewährleistet ist. Man wird dies aus der Durchrechnung der Anlage leicht ermitteln können. Auch bei dieser zuletzt genannten Antenne empfiehlt es sich, als „gute“ Erdung die Wasserleitung zu benutzen. Man wird aber gut daran tun, die Erdleitung auf dem kürzesten Wege zur Wasserleitung zu führen, es macht dabei nichts, wenn sich die Wasserleitung in einem ganz anderen Raume befindet.



Stehen mehrere Räume für Anbringung einer Innen-Antenne zur Verfügung, so wird man zur Erzielung der erforderlichen Länge mit weniger parallel geschalteten Antennenleitern auskommen. Es ergeben sich dann aber unter Umständen etwas kompliziertere

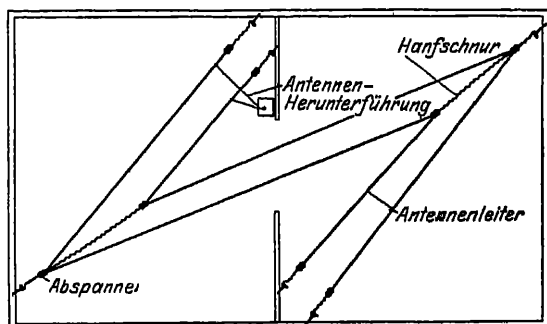


Abb 15. Antennenanlage, über zwei Räume erstreckt.

Leitungsführungen Abb 15 zeigt eine Innen-Antenne mit zwei parallelen Antennenleitern, die über zwei Zimmer (etwa Wohn- und Schlafzimmer) ausgedehnt ist, wobei eine feste Tür zwischen den beiden Zimmern nicht vorhanden ist. Als Erdung dient wiederum die Wasserleitung

Steht zur Anbringung der Antenne eine ganze Wohnung zur Verfügung, so kann man unter Umständen, je nach den Abmessungen der einzelnen Räumlichkeiten, mit einem einzigen Antennenleiter auskommen. Zugrunde gelegt sei eine Drei-

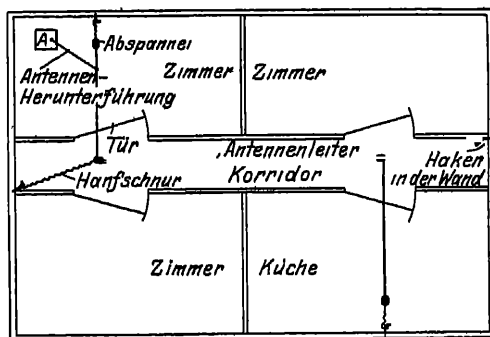


Abb 16. Antennenanlage, über eine ganze Wohnung erstreckt

zimmerwohnung, in der die Antenne angebracht werden soll. Abb 16 zeigt die prinzipielle Anordnung der Antenne Die Herunterführung wird sich danach richten, wo der Apparat aufgestellt werden soll, und damit wird die Antenne auch als „L“- oder

„T“-Antenne bestimmt sein. Als Erdung laßt sich natürlich auch wieder die Wasserleitung benutzen, jedoch kann hier auch ein sogenanntes Gegengewicht Verwendung finden, das an der Bodenleiste der Raumlchkeiten mittels „Krampen“ befestigt werden kann, so daß kein „Darüberstolpern“ erfolgen kann

Solange sich die Antenne nur über einen Raum oder auch über zwei Räume ohne Zwischentüre erstreckt, können blanke Drähte Verwendung finden. Man wird der besseren Bieg- und Schmiegsamkeit wegen sogenannte „Antennenlitze“ aus Kupfer oder Silziumbronze verwenden. Geht man jedoch mit der Antenne unter Türen hindurch, zwischen die der Antennenleiter eingeklemmt wird, dürfte es sich empfehlen, isolierten Draht bzw. isolierte Litze zu verwenden. Allerdings muß, der mechanischen Beanspruchung durch die Türen wegen, schon eine mechanisch widerstandsfähige Konstruktion des Antennenleiters angewendet werden. Die Türen werden auf- und zugemacht und reiben dabei ständig an dem Antennenleiter, desgleichen wird der Antennendraht auf Zug beansprucht durch das Einklemmen. Für solche Fälle hat sich als außerordentlich vorteilhaft die Verwendung von isolierter Stahldrahtlitze, sogenanntem „Armeekabel“, wie es für Feldfernsprecher Anwendung fand, erwiesen. Das Kabel besteht gewöhnlich aus mehreren dünnen verseilten Stahldrähten mit einer Kupferseele, die insgesamt mit einer dreifachen, teergetrankten Bespinnung umgeben sind. Dieser Leiter besitzt genügende mechanische Festigkeit, um zwischen Türen eingeklemmt werden zu können, ohne zu reißen. Mit der Zeit wird allerdings die Isolation an der Klemmfläche Schaden leiden, was aber weiter nicht von Bedeutung ist, denn die Türen sind ja meist trocken und wirken als Isolator, da sie, wenn nicht mit Ölfarbe oder Lack gestrichen, zum mindesten gefirnißt sind.

Will man es vermeiden, den Antennenleiter unter den Türen hindurchzuführen, sei es aus Gründen des guten Aussehens, sei es um Behinderungen der Beweglichkeit der Türen durch den Antennenleiter zu vermeiden, bleibt nichts anderes übrig, als mit dem Antennendraht durch die Wände hindurchzugehen. Das Loch in der Wand braucht ja nur etwa Fingerstarke zu haben; allerdings muß dann der Antennenleiter von der Mauer gut isoliert sein. Dies wird erreicht einmal dadurch, daß man an und für sich isolierten Draht oder Litze als Antennenleiter verwendet und den

Leiter außerdem noch durch Umwickeln etwa mit Isoherband, Guttapercha, Gummiband, oder durch Überschieben eines Stückes Gummischlauch in der Länge der Wandstärke isoliert. Allerdings läuft man damit immer Gefahr, daß eine größere Beeinflussung des Antennenleiters oder seiner Isolation durch die Feuchtigkeit der Wände bzw. deren große Erdkapazität eintritt, was unweigerlich eine

Verschlechterung des Empfanges zur Folge hat

Es gibt jedoch ein Mittel, diesen Übelstand zu verhindern und auf elegante Weise die Wände zu durchdringen, und zwar dadurch, daß man richtige Wanddurchführungen verwendet. Man kann sich dabei etwa der gekauften Porzellan- oder sonstigen Isolierstoffdurchführungen bedienen, die an der Wand befestigt oder inner-

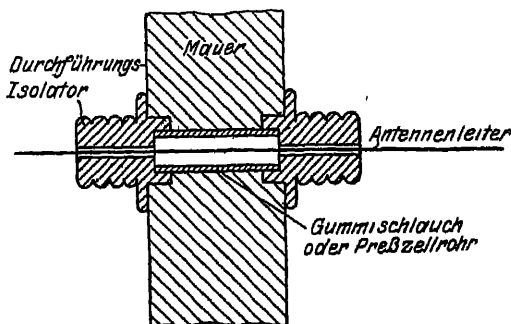


Abb. 17a. Antennen-Mauerdurchführung I. Art.

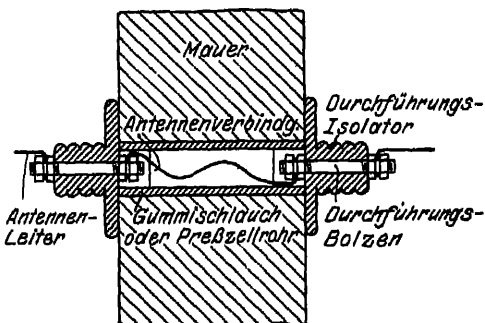


Abb. 17b. Antennen-Mauerdurchführung II. Art.

halb der Wand durch die ganze Mauer hindurch mittels Gummischlauch verbunden sind, so daß der Antennendraht nirgends mit der Mauer in Berührung kommt. Die diesbezügliche Anordnung zeigt die Abb 17a u b Der Antennenleiter wird entweder durch die Öffnung der Isolatoren hindurchgezogen oder an den am Isolator befindlichen Schrauben befestigt. Zur Isolation innerhalb der Wand genügt auch sogenanntes „Preßzellrohr“

Man kann auch die Durchführungen auf einfache Weise selbst herstellen. Man benutzt dazu als metallischen oder leitenden

Kern ein Metallrohr, Messing oder Kupfer am besten, Eisen ist wegen des Oxydierens bzw. Rostens nicht zu empfehlen. Die lichte Weite des Metallrohres ist so zu wählen, daß ein einpoliger Bananenstecker an beiden Enden des Rohres satt hineinpaßt. Dieses Rohr wird nun unter Zwischenlage einer entsprechenden Isolierschicht in der Wand befestigt, entweder eingepist oder satt eingetrieben. Als Isolierschicht kann wiederum eine dicke Lage von Isolierband, Guttapercha, Gummiband oder ein entsprechend starker und dickwandiger Gummischlauch dienen. Stabiler und besser ist jedoch eine Isolation mittels Preßzell-Hartgummi-, Porzellan- oder Glasrohr. Die Abb 18 zeigt alle Einzelheiten einer derartigen selbst hergestellten Durchführung

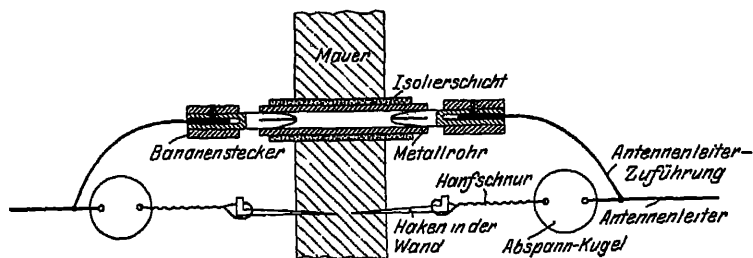


Abb 18. Antennen-Wanddurchführung

Bei den geringen Abmessungen, wie sie die Bananenstecker haben, wird man mit einem Rohr von sehr geringem Durchmesser auskommen, so daß das Loch in der Wand höchstens Fingerdicke erreicht. Man wird aber gut daran tun, den Antennenleiter vor der Wanddurchführung besonders abzuspannen, denn der schwache Bananenstecker wird kaum in der Lage sein, allein durch Klemmen die ganze Last des Antennenleiters zu tragen. Außerdem hat diese Art der Antennendurchführung noch den Vorteil, daß die Antenne im Behinderungsfalle jederzeit bequem abgenommen und entfernt werden kann und ebenso schnell auch wieder angebracht ist. Die geringe Mehrausgabe an Abspannkugeln lohnt sich dadurch sicherlich.

Selbstverständlich kann man diese Art der Antennendurchführung auch in einer Ecke des Raumes anbringen, so daß man zur Erreichung der nötigen Antennenlänge an den Wänden meh-

rerer Zimmer entlang gehen kann und somit die angebrachte Antenne, bei Beachtung des vorstehend Gesagten, nicht weiter auffällt.

Für ganz bescheidene Ansprüche genügt auch schon ein durch die Wand geführtes Hartgummi-, Glas- oder Porzellanrohr, zur Not auch Isohertullen, wie sie der Installateur auf die Isoherrohre der elektrischen Leitungen setzt. Nur muß der Antennenleiter hierbei tunlichst gespannt sein, vor allem auch isoliert, damit nirgends eine Berührung oder leitende Verbindung mit der Mauer entstehen kann.

Als Erdungen für derartig angelegte Innen-Antennen können die Erdleitungen, wie in dem betreffenden Abschnitt angegeben, benutzt werden. Auch sogenannte „Gegengewichte“ statt der Erdungen können bei entsprechender Dimensionierung mit Erfolg Verwendung finden.

Die durch die Wände derartig hindurchgeführten Antennen zeigen noch eine vermehrte „Kapazitätsempfindlichkeit“ wie die anders angelegten Innen-Antennen, doch läßt sich diesem Übelstand meist durch die beim Empfangsapparat vorhandenen Abstimmittel begegnen. Die Lautintensität wird bei meist trockenen Ziegel- oder Backsteinwänden nicht schlechter sein. Es kommt hierbei auch wieder sehr auf die Güte des benutzten Empfangsapparates an.

Nachstehend soll nun noch die Anfertigung zweier Arten von Innen-Antennen beschrieben werden, die zwar noch als offene Schwingungskreise anzusprechen sind, in ihrer Art aber schon einen Übergang zur Rahmen-Antenne bilden. Es sind dies die sogenannten „spiralg“ gewickelten Antennen, und zwar die „Ritter-Antenne“ und die „Flachspiral-Antenne“.

Die „Ritter-Antenne“ entsteht dadurch, daß man den geradlinigen Antennenleiter zu einer offenen Spule wickelt, die so gewonnene Spule nimmt in zusammengedrucktem Zustand sehr wenig Platz ein, nur wenige Zentimeter, wird aber beim Gebrauch zu einer Länge von etwa 4—5 m mindestens ausgezogen. Sie wird an ihren beiden Enden isoliert aufgehängt, etwa unter Zwischenschaltung je eines Abspanneies, und an dem einen der beiden Enden oder in der Mitte die Herunterführung angebracht. Um einen allzu großen Durchhang der Spulen-Antenne zu vermeiden, wird man gut daran tun, eine Schnur als Träger durch die

einzelnen Windungen zu ziehen. Abb 19 zeigt Aufbau und Anordnung einer sogenannten „Ritter-Antenne“. Als Baumaterial für die Ritter-Antenne verwendet man am besten federndes Drahtmaterial, etwa Stahldraht, in der Stärke und Ausführung, wie er zu Federn für Polstermöbel Anwendung findet. Allerdings hat man die vorstehend erwähnten Nachteile bei Verwendung dieser Antennenart in Kauf zu nehmen, die im wesentlichen darin bestehen, daß durch die jeweilige Veränderung des Durchmessers der offenen „Antennenspule“ zu ihrer Länge, also durch Änderung der sogenannten „Ganghöhe“ der einzelnen Drahtwindungen, die Kapazitätsempfindlichkeit der Antenne sich ändert und damit auch jeweils die Einstellung der Abstimmungsmittel am Apparat eine ganz andere wird.

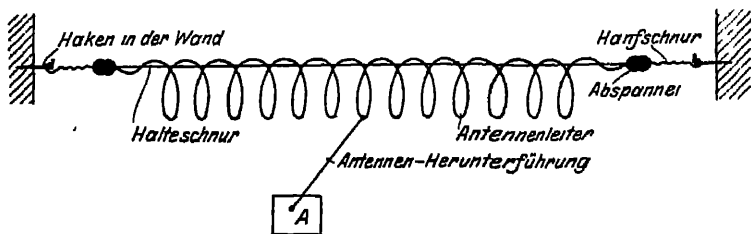


Abb 19 Ritter-Antenne.

Statt nun, wie vorstehend beschrieben, die einzelnen Windungen des offenen Leiters nebeneinander zu legen, kann man sie auch in eine Ebene wickeln, also übereinander legen. Man erhält dadurch eine sogenannte „Flachspule“ oder eine flache Spirale. Genau wie bei der „Ritter-Antenne“ kann man zur Anfertigung dieser Antennenart blanken Federdraht verwenden, den man außen um Porzellan- oder Glasisolatorenköpfchen spannt. Die Elastizität des Federdrahtes genügt, um die Form der Flachspirale zu gewährleisten, ein Umwickeln der einzelnen kleinen Isolatoren mit Draht ist zu vermeiden. Es ergeben sich für die Ausführung und Befestigung der Drahtspirale noch die verschiedensten Möglichkeiten. Man kann zum Halten auch ein radiales Schnursystem verwenden und den Antennenleiter in Beinringe hängen, die man an der Schnur befestigt. Als Abstand der einzelnen Drahtlagen voneinander hat sich ein solcher von etwa 8–10 cm

als vorteilhaft erwiesen Abb 20 zeigt eine ausgebildete Flachspiral-Antenne

Als Erdung für die Ritter- und Flachspiral-Antenne dient am besten eine Wasserleitung oder sonst eine der besseren Erdungsarten Mit „Gegengewichten“ sind bei derartigen Antennen keine guten Erfolge erzielt worden

Vorstehend sind nun eine Anzahl von Methoden angegeben worden zur Anbringung von Innen-Antennen Obwohl dabei die verschiedensten Fälle und Verhältnisse berücksichtigt worden sind, sind damit die Möglichkeiten und Kombinationen noch lange nicht erschöpft Im Gegenteil, für jede Wohnung werden sich wieder Spezialfälle ergeben, die zur einwandfreien Lösung einiger Überlegung bedürfen Doch für den denkenden Bastler dürfte dies keine dauernden Schwierigkeiten bieten, er wird ihrer Herr werden. Man kann die verschiedensten Antennenkombinationen machen, soll es aber unter allen Umständen vermeiden, noch mehr Schwierigkeiten in die Systeme hineinzutragen, sie enthalten schon genug Schwierigkeiten in sich, die einem beim Empfang genügend zu schaffen machen werden

Die angegebenen Richtlinien zum Bau der Innen-Antennen sollen die Anregungen bieten zum Weiterarbeiten, der eine oder andere wird beim Ausführen noch diese und jene Verbesserung finden und anbringen können, wodurch sich manches noch einfacher und für das Auge schöner anbringen läßt; denn eine Innen-Antenne soll nicht nur „hängen“, sondern letzten Endes sich auch, soweit dies bei ihr überhaupt möglich ist, dem Raum einigermaßen anpassen

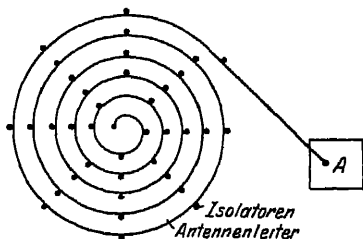


Abb 20. Flachspiral-Antenne.

#### b) Geschlossene Antennen (Rahmen-Antennen).

Bevor nähere Angaben über den Bau dieser Art Antennen gemacht werden, seien einzelne allgemeine Angaben über die zunehmende bzw. zu wählende Größe der Rahmen gemacht. Die Angaben sind aber nur ganz allgemeiner Natur

Für Aufnahme der englischen Sender muß etwa ein Rahmen mit ca 2—2,5 m Kantenlänge benutzt werden. Als Windungszahl kommt eine solche von etwa 8—10 in Frage, bei einem Abstand der einzelnen Windungen von etwa 40—60 mm; für höhere Wellenlängen, also etwa von 600 bis ca 4000 m kommen Rahmen von etwa 0,5—1 m Kantenlänge in Frage, die viele eng aufeinander gewickelte Drahtwindungen aufweisen. Abstand zwischen den einzelnen Windungen etwa 3—5 mm.

Als Draht zur Bewicklung benutzt man blanken und besponnenen Draht, oder auch Litze. Sehr gebräuchlich ist die sogenannte Hochfrequenzlitze, bei der jedes einzelne Drahtchen, des „Skinneffektes“ wegen, für sich isoliert ist. Nur müssen jeweils die Bewicklungen gut gegen das Gestell isoliert sein. Als Drahtstärken kommen solche von etwa 0,7 bis höchstens 1,5 mm in Frage.

Jede Rahmen-Antenne nimmt zunächst nur die Wellen gut auf, die etwa die dreifache Länge ihrer eigenen Welle besitzen. Die Eigenwelle einer Rahmen-Antenne entspricht etwa der fünffachen Drahtlänge. Hat die Rahmen-Antenne also eine Drahtlänge von 30 m, so ist ihre Eigenwelle 150 m und die günstigste Wellenlänge für den Empfang etwa 450 m. Durch Einschalten einer Selbstinduktion läßt sich gleichfalls der Wellenbereich künstlich erweitern, durch Einschalten eines Kondensators vermindern. Man kann aber hier nicht unbeschränkt fortfahren, man kann die Wellenlänge nicht um mehr als die Hälfte der Eigenwelle vermindern. Man kann sich dadurch helfen, daß man die Wicklung erweitert und mit Anzapfungen versieht, die mittels Schalter ab- und zugeschaltet werden können. Die Schaltung muß aber so getroffen werden, daß alle nicht im Betrieb befindlichen Windungen geöffnet sind.

Man kann nun sogar noch einen Schritt weitergehen und den Rahmen direkt als Variometer ausbilden, indem man in den Hauptrahmen noch einen kleineren drehbaren Rahmen einfügt, der damit eine stetige veränderliche Selbstinduktion bewirkt durch Hintereinander- bzw. Gegeneinanderschaltung der Windungen.

Der Rahmen braucht nicht immer senkrecht zu stehen, es dürfte dies überhaupt bei größeren Abmessungen auf Schwierigkeiten stoßen, man kann den Rahmen auch horizontal legen. Schließlich kann man auch die Windungen um einen Tisch oder



sonst ein Möbelstück legen. Allerdings beraubt man sich dann der Möglichkeit der Drehbarkeit des Rahmens, die unerläßlich ist für den Empfang verschiedener Sender. Soll immer nur derselbe Sender empfangen werden, genügt Anbringen der Windungen an einer Wand auf Isoherknopfen, in der gleichen Weise wie bei der Flachspiral-Antenne.

Die einfachste Art der Herstellung einer Rahmen-Antenne wird die sein, daß man auf ein Holzkreuz den Antennendraht als „Flachspirale“ aufwickelt. Man bedient sich dabei als Isoherstücke kleiner Glas- oder Hartgummiröhrchen bzw. kleiner Porzellanisoherrollen. Abb. 21 zeigt die Ausführung einer derartigen Antenne.

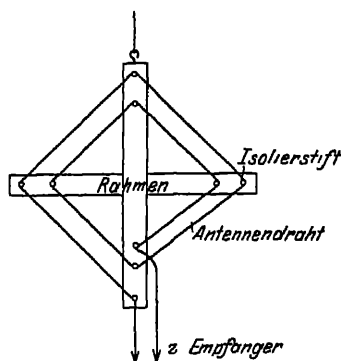


Abb. 21. Flachrahmen-Antenne.

Man kann das Holzkreuz dann noch auf einen Fuß setzen, so daß man der Ebene der Rahmen-Antenne jede gewünschte Richtung geben kann. Ebensogut läßt sich der Rahmen an der Decke anbringen, gleichfalls drehbar, daß er nach allen Richtungen der Windrose verstellt werden kann.

Die Wicklung kann auch noch auf andere Weise bewerkstelligt werden, man wickelt nicht mehr in einer Ebene, sondern mit geringem Abstand der Windungen dieselben nebeneinander. Die Kanten des Wicklungsrahmens sind dann durch in Isolierlack getränkte Pappe oder Hartgummistücke gut zu isolieren. Abb. 22 soll dies zur näheren Erläuterung andeuten. Der fertige Rahmen wird dann wiederum möglichst drehbar an einem Ständer befestigt oder auch wieder an der Decke aufgehängt.

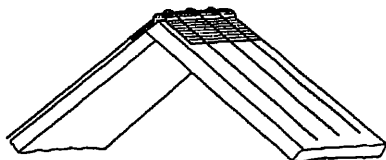


Abb. 22. Rahmen mit nebeneinanderliegenden Windungen.

Ganz allgemein ist noch zu sagen, daß der Nutzeffekt einer Rahmen-Antenne um so geringer ist, je weiter die aufzunehmende Sendestation entfernt liegt. Im etwa proportionalen Verhältnis zur Entfernung muß man also entweder die Größe der Antenne oder die Verstärkung der Empfangsapparatur steigern.

In bezug auf Störungen örtlicher Natur ist auch die Rahmen-Antenne nicht immun. Sie reagiert gleichfalls auf alle örtlichen Störquellen und ist nur gegen atmosphärische Störungen ganz unempfindlich. Allerdings reagiert sie nicht so stark auf die örtlichen Störer wie die gewöhnliche Innen-Antenne, ist aber auch dafür um vieles lautschwächer. Sie hat jedoch einige sehr vorteilhafte Eigenschaften, die nachstehend im einzelnen nochmals aufgezählt werden sollen.

1. Sie ist sehr leicht und billig herzustellen und kann nach Belieben auf den Tisch gestellt, an die Decke oder Wand gehängt oder auf den Boden gestellt werden.

2. Die Verbindung mit dem Empfänger ist im Augenblick hergestellt und gelöst. Bei Nichtgebrauch kann also der Rahmen an einem Orte aufbewahrt werden, wo er nicht stört.

3. Sie hat ausgesprochene Richtwirkung, d. h. sie empfängt gut nur aus einer Richtung. Das ist bei der Unmasse von Sendern, die oft nahe beieinander liegen, sehr wesentlich, um alle anderen Sender auszuschalten und nur den zu empfangen, den man haben will.

4. Die Abstimmung der Rahmen-Antenne gestaltet sich einfacher als bei gewöhnlicher Antenne, man kann wohl meist auf Primärempfang bleiben.

5. Die Rahmen-Antenne „strahlt“ überhaupt nicht, es kann also mit intensivster Rückkopplung gearbeitet werden, was auch wieder die höchste Empfangslautstärke ermöglicht.

6. Eine Empfangsanlage mit Rahmen-Antenne ist leicht transportabel und kann somit überall hin mitgenommen und beliebig ortsveränderlich aufgestellt werden.

Der Windungsabstand der Bewicklung des Rahmens ist wesentlich. Liegen die Windungen zu nahe nebeneinander, wird die Induktanz vergrößert, aber zu gleicher Zeit wächst auch der Hochfrequenzwiderstand. Am gunstigsten ist die Anordnung, daß der Widerstand möglichst niedrig ist bei einem gewissen Mindestwert der Induktanz.

Als Anhaltspunkt für den zu wählenden Abstimmendrehkondensator für den Rahmen diene, daß derselbe eine Maximalkapazität von nicht mehr als 1000 cm aufweisen soll.

Statt der eckigen Form für den Rahmen kann man auch die kreisrunde Form wählen, indem man den Draht etwa auf eine

holzerne Fahrradfelge aufwickelt, man kann die Latze aber auch in einen großen chinesischen Papierschild einsteppen und hat somit eine leicht zusammenlegbare Antennenanordnung.

Die vorstehend zum Bau angegebenen Richtlinien sollen auch nur Anregungen geben. Dem erfinderischen Bastler bieten sich die unbegrenztesten Möglichkeiten für die Ausgestaltung auch der Rahmen-Antenne, so daß damit allen Verhältnissen Rechnung getragen werden kann. Doch ist die Verwendung der Rahmen-Antenne für den Fernempfang immerhin begrenzt durch die Abmessungen, die sie dann erhalten muß. Zudem steigt auch die Lautintensität in keinem Verhältnis zu ihrer Größe, so daß sie, je größere Dimensionen sie annimmt, um so unwirtschaftlicher arbeitet.

## 6. Apparattypen für Anschluß an Innen Antennen.

Zum Anschluß an die Innen-Antenne sind die einzelnen Apparattypen meistens auch geeignet. Allerdings Detektorapparate können mit Erfolg nur in Städten mit örtlichem Sender betrieben werden. Detektorbetrieb für Fernempfang ist jedoch nur im Anschluß an eine gut angelegte Hoch-Antenne möglich. Für Fernempfang im Anschluß an eine Innen-Antenne ist es gut, gleichfalls etwas hochwertigere Apparattypen oder Schaltungen anzuwenden, mindestens sind aber Apparate mit „Rückkopplung“ zu verwenden. Der Amateur und Bastler wird ja ohnedies schon sich an hochwertigen Schaltungen versuchen und damit schon von vornherein meist ein geeignetes Gerät verwenden. Was nun die im Handel befindlichen Apparate mit Rückkopplung betrifft, so sind auch diese Apparate zum Anschluß an Innen-Antennen geeignet. Allerdings wird man da anfänglich auf gewisse Schwierigkeiten stoßen, die in erster Linie darin bestehen, daß diese Geräte meist nur für Anschluß an Hoch-Antennen gedacht sind und eine ziemlich große Antenne benötigen, so daß ein oder mehrere beträchtlich lange Antennenleiter erforderlich werden. Meist sind auf den Abstammorganen (Drehkondensatoren und Selbstinduktionen) die Induktivitäts- und Kapazitätswerte nicht angegeben, meist auch überhaupt nicht zu ermitteln, so daß sie in ihren elektrischen Verhältnissen nicht erfaßt werden können. Für den Laien ist ohnedies eine experimentelle Nachprüfung aus dem Grunde nicht möglich, da ihm die zum Experimentieren nötige Erfahrung,

Theorie und auch die notwendigen Laboratoriumsmeßgeräte fehlen. In diesem Falle hilft nichts anderes als Ausprobieren. Die Anbringung einer Innen-Antenne erfordert weder große Kosten, noch viel Zeit, noch viel besondere Umstände, so daß man in dieser Hinsicht ziemlich leicht und einfach herumprobieren kann, und man wird damit am ehesten zum Ziel kommen. Man wird dabei etwa so vorzugehen haben, daß man als ungefähren Anhaltspunkt für die vorläufige Dimensionierung die Antennenleiterlänge wie etwa für eine Hoch-Antenne bemißt und dann die Empfangsverhältnisse studiert. Man wird alsdann die Antenne versuchen in ihrer Länge zu kürzen und die Empfangsverhältnisse wieder studieren; ist die Lautintensität größer geworden, wird man weiter verkürzen und so fort, bis die Lautstärke wieder abnimmt. So wird man bald die richtige Antennenleiterlänge für die beste Wirksamkeit des Apparates gefunden haben. Selbstverständlich wird man natürlich auch die gegenteilige Probe machen und die Antenne verlängern und dabei die Empfangsverhältnisse studieren, man kann auch schließlich die Erfahrung machen müssen, daß man zur Erreichung größerer Lautintensität die Antenne verlängern muß. Es lohnt sich aber immer, diese Versuche durchzuführen, wenn es auch Zeit und Muhe erfordert, und man auch nicht gleich beim ersten Male die richtige Antennenlänge herausfindet. Die dadurch entstehenden Kosten und der evtl. entstehende Verschnitt an Antennenleitermaterial sind gering und nahezu gleich Null gegenüber den Kosten einer richtig angelegten Hoch-Antenne. Der Funkfreund mit „Audion-Versuchserlaubnis“ wird, wenn er sich einen Apparat fertig kauft, etwas schneller zum Ziel kommen. Er kann ohne weiteres Eingriffe am Empfänger vornehmen und die wesentlichsten Abstimmungen entsprechend umändern bzw. sie vollkommen mit der Antenne in Übereinstimmung bringen. Damit ist auch die ganze Empfangsanlage einer Durchrechnung zugänglich, so daß man die Verhältnisse wie gewünscht wählen kann. Der Radioamateur wird sich jedoch in den seltensten Fällen einen fertigen Apparat kaufen und ihn dann noch umändern. Er wird von vornherein sich nur die ihm erforderlich scheinenden Einzelteile kaufen und damit irgendeine Schaltung zusammenstellen. Damit ist ja schon von vornherein die Möglichkeit einer richtigen Dimensionierung gegeben. Man muß hierbei allerdings auch

wieder manche Einzelheiten beachten und sich von vornherein darüber klar sein, ob man mit einer gewöhnlichen Innen-Antenne oder mit einer Rahmen-Antenne empfangen will. Nicht jede Schaltung ist vor allem für Rahmenempfang geeignet. Wohl gibt es Schaltungen, die mit beiden Antennenarten gleich gute Empfangsergebnisse liefern, es sei nur nebenbei die „Flewellingsche Schaltung“ und die „Armstrongsche Ein- und Zweirohrenschaltung“ erwähnt, aber es ist dabei doch manches zu beachten. Eine Apparatur, die nur mit Variometern als Abstimmorgane arbeitet, wird sich nicht mit Rahmen-Antenne betreiben lassen. Dies wird uns ohne weiteres klar, wenn wir uns an Abb 9 erinnern, die die prinzipielle Anordnung für Rahmenempfang zeigt. Zur Abstimmung der Selbstinduktion, wie sie ja der „Rahmen“ darstellt, ist eben eine veränderliche Kapazität in Gestalt eines Drehkondensators erforderlich. Man kann aber derartige Apparate dann mit Rahmen-Antennen betreiben, wenn man die „Primärabstimmung“ in den Rahmen verlegt. Das kann auf solche Weise geschehen, daß man den Rahmen in seinen Windungen für die einzelnen Wellenlängen fein unterteilt und mit einer ganz geringen Kapazität „fein“ abstimmt oder den Rahmen gleich als Abstimmvariometer ausbildet. Das ist so möglich, daß man in den feststehenden Rahmen einen zweiten kleineren drehbaren Rahmen anordnet, der durch Drehen um  $180^\circ$  die Selbstinduktion des Rahmens „stetig“ verändert und soweit die Einstellung der Apparatur auf eine bestimmte Wellenlänge ermöglicht. Weiterhin ist zu beachten, daß alle an Innen-Antennen angeschlossenen Apparate, ganz gleich, ob mit normaler Innen-Antenne oder Rahmen verwandt, empfindlicher in der Abstimmung sind. Sie sind insofern schwerer abzustimmen, als die bei einer Sendestation auftretenden, jedoch in der Lautstärke außerordentlich schwachen „Sendegeräusche“ durch die große Dämpfung, die sie immerhin beim Durchdringen von Gebäuden erleiden, kaum oder gar nicht gehört werden können. Das erschwert natürlich außerordentlich das Auffinden des Senders. Außerdem sind, wie schon mehrmals bemerkt, die Antennen außerordentlich kapazitätsempfindlich. Dies gibt immerhin eine kleine Differenz in der Einstellung, die jedoch dem „Geübten“ kaum noch Schwierigkeiten bereitet. Schließlich lernt ja auch der Einzelne seinen Apparat kennen und diese Differenzen zu kompensieren. Man wird außerdem

das System mehr „spannen“ müssen als bei der Hoch-Antenne, d. h. man muß die Rückkopplung schärfer einstellen, so daß das System außerordentlich „auf der Spitze“ steht. Dies bewirkt natürlich ein außerordentlich leichtes „Umfallen“, d. h. ein „In-Schwingung-Geraten“ der Empfangsapparatur. Meist kommt dies daher, daß man die Röhren starker heizen muß, auch manchmal die Anodenspannung hoher wählen muß, um eine entsprechende Lautintensität zu erhalten. Es ist jedoch streng darauf zu achten, daß die Röhre nicht überlastet wird. Wohl gibt sie da das Maximum an Lautstärke, aber sie geht sehr schnell dem Verschleiß entgegen. Besonders empfindlich sind in dieser Hinsicht die stromsparenden Thoriumröhren; desgleichen aber auch die Oxydkathodenröhren. Man darf die Heizung nur soweit steigern, daß bei normalen Wolfram-Kathodenröhren der Glühdraht nicht bis zur Weißglut erhitzt wird und bei den Thorium- bzw. Oxydkathodenröhren eine schwache Gelbglut erreicht wird. Bei Erhöhung der Anodenspannung darf man nie so weit gehen, daß zwischen Anode und Kathode Glimmentladungen in Gestalt von bläulich gefarbttem Glimmlicht auftreten oder gar das ganze Anodenblech ins Gluhen gerät. Meist wird als äußerster Grenze der noch ungefährlichen Erhöhung eine solche von 60% das höchste sein. Man wird auch da durch geeignete Versuche leicht das richtige Maß finden.

Es sei hier nochmals darauf hingewiesen, daß oft auch ein Nichtfunktionieren oder ein schlechter Empfang der Anlage durch die Umgebung hervorgerufen wird. Von wesentlichstem Einfluß auf die Lautstärke der Apparatur, mehr noch wie bei der Hoch-Antenne, sind große Metallmassen in der Nähe des Empfängers, sei es, daß dieselben als Eisenstäbe den Betonbau stützen, in dem der Empfänger aufgebaut ist, sei es, daß sie in Gestalt größerer Eisenkonstruktionen wie Brücken, Hallen usw. in der Nähe des Empfängers sich befinden. Ihre Beeinflussung besteht hauptsächlich in der großen Schirmwirkung für die ankommenden Wellen. Der Sender ist am Empfangsapparat überhaupt nicht oder nur sehr schwer einzustellen; der Apparat neigt dann, besonders bei erhöhter Anodenspannung, zum Pfeifen und gerät sehr leicht in Schwingungen. Zur einwandfreien Feststellung der Ursache des schlechten Empfanges nimmt man am besten eine Ortsveränderung der Empfangsanlage vor, die sich meist

wohl unschwer durchföhren lassen wird. — Hat man eine derartige Schirmwirkung festgestellt, läßt sich in der Regel keine große Abhilfe schaffen. Man wird aber immerhin bei Wahl eines größeren Verstärkungsgrades und nahen Sendern einige befriedigende Empfangsergebnisse erzielen. Auf Empfang aus größeren Entfernungen, vor allem von schwachen Sendern, muß endgültig verzichtet werden. Dies Versagen gehört noch zu jenen dunklen Gebieten der drahtlosen Technik, denen wir zur Zeit noch ziemlich machtlos gegenüberstehen.

Nachstehend seien nun noch einige praktische Versuche mit Empfangsgeräten im Anschluß an Innen-Antennen mitgeteilt. Die Versuche wurden mit einem einfachen Ruckkopplungsempfangsgerät durchgeföhrt, der als einzige Abstimmorgane nur ein Variometer im Luftkreis und ein Variometer (Ruckkopplung) im Rohrenkreis aufwies. In seiner einfachsten Ausführung enthielt das Gerät zwei Rohren, die durch einen Blockkondensator gegenseitig verriegelt waren. Beim Anschluß an eine offene Antenne waren nähere Sender etwa im Umkreis von bis zu 300 km im Kopfhörer in der Stärke eines Ferntelefongespraches zu hören. Englandempfang war nur bei günstigen Verhältnissen und nur sehr leise zu vernehmen. Die benutzte Innen-Antenne war eine zweidrahtige, in einem Korridor im zweiten Stock eines Wohnhauses in der Stadt ausgespannte Antenne, deren einzelne Antennenleiter jeweils eine Länge von ca. 11 m hatten. Jeder Antennenleiter hatte seine besondere Herunterföhrung, je ca. 5 m lang. Die Vereinigung der beiden Herunterföhrungen erfolgte erst an der Apparatklemme. Als Erdung wurde die Wasserleitung benutzt.

Dieselbe Apparatur wurde an eine Rahmen-Antenne angeschlossen. Dabei war das Abstimmvariometer im Luftkreis vollkommen wirkungslos, die Abstimmung erfolgte nur mit dem Rohrenvariometer. Der Rahmen nahm für Englandempfang allerdings etwas ungewöhnliche Dimensionen an. Die Abmessungen betragen an Kantenlänge ca. 2 m, was also einer Gesamthöhe von ca. 2,75 m bzw. 3 m mit Stütz- und Drehvorrichtung entspricht. Aufgewickelt waren ca. 8 Windungen in einem Abstand der einzelnen Drahtlagen von ca. 8 cm. Nähere Sender konnten schon mit einem Rahmen von 50 cm Kantenlänge, bei 10 Windungen mit Abstand von ca. 5 cm der einzelnen Lagen voneinander, empfangen werden.

Die Lautintensität der Apparatur wurde verbessert durch Hinzufügung einer Niederfrequenzstufe mit Transformator 1 6. Dadurch wurde es möglich, mit einer Innen-Antenne von 4 parallelen Drahten je 4 m lang und einer Herunterführung von je 2 m Länge für jeden einzelnen Antennenleiter alle deutschen Stationen und auch die englischen Sender im Kopfhörer in der Stärke eines normalen Stadttelephongesprächs zu empfangen.

Durch Hinzufügung zweier weiterer Niederfrequenzstufen, also Benutzung eines Fünfröhrengerätes, gelang es, unter vollkommener Abgleichung mit der benutzten Innen-Antenne die deutschen, ausländischen und englischen Sender mit dem Lautsprecher zu erhalten. Die dabei benutzte Innen-Antenne hatte eine Länge von ca. 12 m mit einer Herunterführung von ca. 3 m Länge. Die Antenne war eindrähtig angelegt; als Erdung wurde die Wasserleitung benutzt.

Versuche mit einem gewöhnlichen, im Handel befindlichen Audiongerät mit Rückkopplung und Zweifachniederfrequenzverstärker gaben bei Anwendung erhöhter Anodenspannung Lautsprecherempfang des Senders im Umkreis von etwa 100—200 km. Die dabei benutzte Antenne war zweidrähtig, durch zwei Zimmer gespannt, jeder Antennenleiter hatte eine Länge von ca. 18 m. Jede Herunterführung hatte eine Länge von ca. 5 m. Als Erdung wurde wieder die Wasserleitung benutzt.

Die Hinzufügung einer Hochfrequenzstufe ergab auch recht gute Empfangsergebnisse für Fernempfang. Es konnten mehrere deutsche, auch Stationen in der Schweiz und in Italien empfangen werden, desgleichen einige englische Sender, teilweise sogar im Lautsprecher.

Manche Stationen waren nicht zu hören, da durch benachbarte Gebäude Schirmwirkung und somit eine merkliche Dämpfung eintrat.

An den Apparaten waren keinerlei fremde Eingriffe oder sonstige Veränderungen, mit Ausnahme der Erhöhung der Anodenspannung, vorgenommen worden.

## 7. Innen-Antenne und Blitzgefahr.

Bei der Hoch-Antenne ist es strengstes Erfordernis, bei Nichtgebrauch die Anlage zu erden; wie in der Einleitung schon bemerkt, wird sogar in den Errichtungsvorschriften ein besonderer Blitzschutz verlangt. Wenn man die Sachlage näher betrachtet, so



wird diese Maßregel ohne weiteres verständlich, denn die Antenne ist ein isolierter Leiter, der durch Influenz immerhin bei elektrischen Ladungen in der Luft eine beträchtliche Spannung gegen Erde annehmen kann. Diese Spannung ist nicht nur gefährlich für den Empfangsapparat, dessen Isolation für solche Spannungen nicht ausreicht, sondern auch für den den Apparat bedienenden Amateur. So ist es immerhin erforderlich, hierfür gewisse Schutzmaßregeln aufzugeben. Die einzelnen Sender weisen deshalb auch meist am Schlusse ihrer Darbietungen darauf hin, doch nicht zu vergessen die Antennen zu erden.

Bei der Innen-Antenne liegen nun in dieser Hinsicht die Verhältnisse ganz anders. Es wird von vornherein gar nicht möglich sein, daß auf einer Innen-Antenne sich beträchtliche Mengen elektrischer Ladungen ansammeln. Betrachten wir wieder den Vorgang nach den Gesetzen der elektrischen Influenz, so mußte z. B. eine in der Atmosphäre befindliche elektrische Ladung, die in einer Gewitterwolke sich ansammelt, in erster Linie auf dem ihr zunächst liegenden Leiter der Erdoberfläche die gleich große Menge entgegengesetzt gerichteter Elektrizität oder Ladung erzeugen. Nehmen wir nun ein Gebäude z. B. als einen solchen Leiter der Erdoberfläche an, wird also dieses mit gleicher Ladung des entgegengesetzten Vorzeichens der Wolke „influenziert“. Nach einem anderen Gesetz für den elektrisch geladenen Körper sitzt aber die elektrische Ladung nur an der Oberfläche des Leiters, und niemals im Innern. Wir erinnern uns da wohl noch an den „Schulversuch“ mit dem sogenannten „Faradayschen Käfig“, wo nachgewiesen wird, daß eine einem Drahtnetz erteilte elektrische Ladung nur außen auf dem Netz sitzt (kleine Papierstreifen, Holundermarkkugeln, die an dem Drahtnetz befestigt sind, schlagen bei einer elektrischen Ladung aus), denn ein sogenanntes „Elektroskop“, ein Instrument zum Nachweis elektrischer Ladungen (zwei mit einer Metallkugel verbundene, sonst isoliert angeordnete Blattgoldblättchen zeigen bei Ladung der Kugel einen Ausschlag), das unter dem Drahtnetz steht, zeigt keinerlei Ladung an. Ein Gebäude wirkt nun wie ein „Faradayscher Käfig“. Die Ladung durch „Influenz“, wenn überhaupt eine solche entsteht, wird sich nur auf der Oberfläche des Hauses ansammeln und nie in das Innere dringen. Meist wird aber gar keine Ladung entstehen, denn das Gebäude steht ja in leitender Verbindung

mit der Erde, die sofort irgendwelche Spannungen ausgleicht. Die Innen-Antenne sitzt also in einem Gebäude, ganz gleich, in welchem Stockwerk sie angebracht ist, immer wie in einem „Faradayschen Käfig“, wird also niemals irgend welche Ladung empfangen, es werden sich also keine schädlichen Elektrizitätsmengen ansammeln können. Auch direkter Blitzschlag wird nie Unheil durch die Innen-Antenne anrichten können. Der Blitz sucht sich auf seinem Weg von der Gewitterwolke zur Erde als Ausgleich immer den bequemsten Weg, den er meist, wenn kein direkter Blitzableiter auf dem Hause angebracht ist, durch größere Metallmassen, wie Eisenträger, Gas- und Wasserleitungsrohre, metallene Fenstergitter usw., findet. Daß er auf seinem Weg dabei natürlich eine Innen-Antenne treffen kann, ist dabei sehr wohl möglich. Die Innen-Antenne ist aber niemals die Ursache, daß der Blitz diesen Weg nimmt. Er würde auch gerade so gut seinen Weg durch das Zimmer oder die Wohnung nehmen, wenn die Innen-Antenne nicht dagewesen wäre. Befürchtungen, daß eine Innen-Antenne den Blitz geradezu anziehe, sind also vollkommen unbegründet. Man wird also keinerlei Erdung oder Blitzschutz für die Innen-Antenne benötigen. Man kann das Empfangsgerät ruhig auch bei Nichtgebrauch, ohne Erdung oder Blitzschutz, angeschaltet lassen, es wird keinerlei schädliche Einwirkung entstehen. Versuche, die in dieser Hinsicht während eines am Ort befindlichen Gewitters angestellt wurden, haben dies voll und ganz bewiesen. Die Antenne zeigte keinerlei Ladungen weder durch feinste Elektroskope noch Glimmrohren nachweisbar. Ein Empfang war natürlich trotzdem nicht möglich, da durch die elektrischen Störungen in der Atmosphäre die Wellen des Senders nicht durchdringen konnten. Es war natürlich, da der örtliche Sender in Gestalt des Gewitters und der durch die elektrischen Funken (Blitze) somit entstehenden oszillatorischen Entladungen viel stärker war als die Schwingungen des fernen Senders, so daß nur die Blitze im Empfänger zu hören waren.

## 8. Wirksamkeit der Innen-Antenne im Verhältnis zu ihrer Höhe.

Es wurde schon mehrmals vorstehend darauf hingewiesen, daß die Höhe der Innen-Antenne nicht weiter von Einfluß sei auf die Lautintensität des Empfanges. Um es noch einmal kurz zu

rekapitulieren. Es ist ziemlich gleichgültig, ob die Innen-Antenne im ersten oder obersten Stockwerk eines Gebäudes untergebracht ist, die Lautintensität ist nicht wesentlich verschieden. Nachstehend sollen nun die Verhältnisse, die dies Ergebnis bedingen, etwas näher beleuchtet werden.

Beim Detektorempfänger liegen die Verhältnisse so, daß die Lautintensität mit der Höhe der Antenne steigt. Dies ist folgendermaßen zu begründen: der Detektor wird als gewisser Widerstand aufgefaßt, der durch seine variable Kopplung einen in weiten Grenzen beliebig einstellbaren Widerstand  $r_a$  in der Antenne hervorruft. Die Lautstärke ist aber bei gegebener Antenne am größten (experimentell nachgewiesen), wenn der in der Antenne induzierte Widerstand  $r_a$  gleich den sonstigen Verlustwiderständen der Empfangsapparatur  $r_v$  (die in Spulen, der Erdung usw. entstehen) plus dem sogenannten „Strahlungswiderstand“ ist.

Es besteht für den Strahlungswiderstand die Beziehung

$$\left. \begin{aligned} \text{Strahlungswiderstand } r_{\text{str}} &= 160 \pi^2 \left( \frac{\alpha \cdot h}{\lambda} \right)^2 \Omega \text{ (Ohm)} \\ &= 160 \pi^2 \left( \frac{h}{\lambda} \right)^2 \text{ Ohm,} \end{aligned} \right\} \quad (21)$$

wenn  $h = \alpha \cdot \lambda =$  wirksame Höhe der Antenne.

Der Faktor  $\alpha$  hat dabei die Werte von . 1 über  $\frac{1}{2}$  zu  $\frac{2}{\pi}$  (der letzte Wert wirkt mit bei Bildung der Gleichung  $l = \frac{\lambda}{2}$ ), beim Festhalten der Detektorkopplung und Erweiterung der Höhe der Antenne steigt die Empfangslautintensität so lange, bis der wachsende Strahlungswiderstand gleich ist der Summe von Detektorwiderstand plus Verlustwiderstand. Nun läßt sich durch Nachstellen der Detektorkopplung eine weitere Lautverstärkung erreichen, wobei die Antennenhöhe festgehalten wird. So kann man wechselseitig fortfahren, bis die Antennenhöhe ihre Grenze erreicht hat, da zu große Abweichungen gegen die quasistationäre Stromverteilung entstehen.

Beim Röhrenempfänger liegen jedoch die Verhältnisse anders. Die Röhre erhält keine merkbare Leistung aus der Fernwirkung des Senders, sie bildet einen Schwingungskreis für sich, die Lautstärke beim Empfang ist eine ansteigende Funktion der zwischen

Gitter und Kathode bestehenden Spannung (Betz ETZ 1925, H 5)  $v_g$ ; bringt man nun eine passende Induktivität  $L$  zwischen Gitter und Kathode, so gilt als Beziehung für die Gitterspannungsamplitude

$$v_{g0} = \frac{2\pi\nu}{\lambda} L J_0 \quad (22)$$

(hiern bedeutet  $J_0$  die Stromamplitude,  $\nu$  die Frequenz) Im Resonanzfalle (Annahme bei größter Lautintensität)

$$J_0 = \frac{v_0}{R} \quad (23)$$

(hiern bedeutet  $v_0$  die elektromotorische Kraftamplitude aus dem Fernwirkungsfelde des Senders)

Nun wird der Wert von  $J_0$  nach Gleichung 23 in die Gleichung 22 eingesetzt und man erhält somit

$$v_{g0} = \frac{2\pi\nu}{\lambda} L \frac{v_0}{R} \quad (24)$$

Ein Detektorwiderstand ist beim Röhrenempfänger nicht mehr vorhanden, somit ist  $R$  nur gleich der Summe der Verlustwiderstände (in Spulen, Erdung usw.) plus dem Strahlungswiderstand

$$R = r_v + r_{str} \quad (25)$$

Die Amplitude  $v_0$  der aus der Fernwirkung des Feldes des Senders entstehenden EMK ist gleich dem Produkt aus der Antennenhöhe  $h$  und der Feldstärkenamplitude  $E_0$ ; es sollen nun die Werte für  $R$  in Formel 24 und für  $v_0 = E_0 h$  gesetzt werden; dann ergibt sich

$$v_{g0} = \frac{2\pi\nu}{\lambda} L \frac{h E_0}{r_v + r_{str}} \quad (26)$$

Aus dieser Formel ist ersichtlich, wenn  $r_{str}$  zurücktritt gegen  $r_v$ , daß  $v_{g0}$  und damit die Lautintensität mit „ $h$ “ wächst. Bei großer Antennenhöhe ist aber  $r_v$  zurücktretend gegenüber  $r_{str}$ ; damit fällt  $v_{g0}$ . Es ergibt sich aus der Beziehung

$$\frac{d}{dh} = \frac{2\pi\nu L E_0}{\lambda} \left[ \frac{1}{r_v + 160\pi^2 \cdot \left(\frac{h}{\lambda}\right)^2} - \frac{3200 \left(\frac{h}{\lambda}\right)^2}{\left[r_v + 160\pi^2 \cdot \left(\frac{h}{\lambda}\right)^2\right]^2} \right] = 0 \quad (27)$$

In dieser Gleichung ist zu setzen

$$r_{\text{str}} = 160 \cdot \pi^2 \left( \frac{\eta}{\lambda} \right)^2,$$

dann

$$r_v + r_{\text{str}} = 2r_{\text{str}}, \quad (28)$$

somit

$$r_{\text{str}} = r_v \quad (29)$$

Aus Gleichung 29 resultiert, daß die Lautintensität am größten, wenn die Antennenhöhe so gewählt wird, daß der Strahlungswiderstand gleich wird dem Verlustwiderstand; also

$$r_v = 160 \cdot \pi^2 \left( \frac{\eta}{\lambda} \right)^2 \quad (30)$$

Daher erhält man die größte Lautstärke, wenn

$$\eta = \sqrt{\frac{\lambda^2 \cdot r_v}{160 \cdot \pi^2}}.$$

Setzt man für die einzelnen Größen entsprechende Werte ein, z. B. für  $r_0 = 10$  Ohm, für  $\lambda = 400$ , so ergibt sich

$$\eta \sim 32 \text{ m.}$$

Man sieht also, daß die Höhe von 32 m nicht überschritten werden darf, der Strahlungswiderstand wird alsdann zu beträchtlich werden. Eine größere Lautstärke wird man bei verminderten Verlusten in Spulen und Erdung erreichen, damit wird sich auch die Höhe der Antenne herabsetzen lassen; und man wird schließlich in das Gebiet der Höhengrenzen gelangen, wie sie bei normalen Gebäuden zutreffend sind, so daß eine wesentliche Empfangslautstärkeveränderung, wie sie bei den geringen Höhenunterschieden eintritt, kaum noch merkbar ist.

Die Antennenhöhe wird immer ein schwer zu erfassender Begriff sein, sowohl bei der Innen- wie auch der Außenantenne; denn jede Antenne, ob im Gebäude oder außen auf demselben angebracht, wird Beeinflussungen ausgesetzt sein, die niemals der Rechnung zugänglich werden. Man wird hier auch letzten Endes zum Experiment seine Zuflucht nehmen müssen.

Da aber in den meisten Fällen bei der Innen-Antenne kaum die Höhenlage verändert werden kann, wird man sich mit der durch die Umstände bedingten Höhenlage zufrieden geben müssen und

durch Veränderung der zu erfassenden Größen der Gleichung 30 die Antennenhöhenlage für die Verhältnisse passend machen

Schwierig werden immerhin die Verlustmessungen sein. Man wird aber immerhin einige Anhaltspunkte aus den elektrischen Eigenschaften der Spulen, Erdung, Rohren usw. haben, wenn nicht, lassen sich dieselben nach bekannten Methoden experimentell bestimmen

Die Betrachtung über die Antennenhöhe und ihre Wirksamkeit auf die Empfangslautstärke bietet aber immerhin manches interessante Problem, darauf sind auch die Eigentümlichkeiten der Veränderung der Empfangslautstärke bei sogenannten „Turmhäusern“ gegenüber normalen Gebäuden zurückzuführen. Diese Eigentümlichkeit bietet noch für den ernstesten Funkfreund ein Problem, auf das willkürlich einzuwirken sehr interessant und in jeder Beziehung lehrreich ist

## 9. Schluß.

In den vorstehenden Kapiteln wurde nun die Innen-Antenne in allen Einzelheiten dargelegt, dabei eine Übersicht der einzelnen Antennenarten gegeben, desgleichen eine Anleitung zum Bau bzw. der Anlage derartiger Antennen. Zu einer restlosen Betrachtung gehört aber auch zum mindesten etwas Eindringen in die Theorie. Darum durfte die Theorie auch bei der Betrachtung nicht fehlen. Trotz mancher Voraussetzung und Beschränkung auf die notwendigsten Formeln, wobei auf jegliche Ableitung verzichtet wurde, hat der Abschnitt über Theorie immerhin einen Umfang angenommen. Da aber immerhin ein Zusammendrängen des theoretischen Teiles erfolgte, wird für manche Leser doch noch da und dort mehr wie eine Lücke sein. Wer sich noch eingehender mit den theoretischen Dingen befassen will, dem sei nachstehend aufgeführte Literatur empfohlen

Eugen Nesper Der Radio-Amateur — J. Zenneck. Lehrbuch der drahtlosen Telegraphie — Rein-Wirtz Radio-Telegraphisches Praktikum — Thomälen Theorie der Wechselströme.

Aus diesen Werken ist zum größten Teil die theoretische Abhandlung entnommen, desgleichen die Formeln, Ableitungen und Tabellen. Zum besseren Verständnis des theoretischen Teiles wird es auch nichts schaden, ein gutes Physikbuch bzw. ein Prak-

tikum für Physik zur Hand zu nehmen und sich die einzelnen Begriffe von Selbstinduktion, Kapazität, Selbstinduktionskoeffizient, ihre Bestimmung, ihre Dimensionen usw. wieder klarzumachen und ihre experimentelle Erfassung zu studieren. Man wird mit verhältnismäßig einfachen Mitteln und wenigen, guten Meßinstrumenten in der Lage sein, in dieser Hinsicht manchen lehrreichen Versuch durchzuführen und wichtige Erkenntnisse zu gewinnen. Das Gebiet der drahtlosen Technik ist ja verhältnismäßig noch so neu und noch längst nicht so durchforscht wie andere Zweige der Wissenschaft. Wir stehen immer noch am Anfang der ganzen Entwicklung, und es kann und soll der Amateur, vor allem der technisch durchgebildete Amateur, hier wertvolle Mithilfe leisten. Hierzu sollten die vorstehenden Kapitel auch etwas Anregung geben.

Der Laie aber, der dies kleine Werkchen liest, der überschlage ruhig den ganzen theoretischen Teil und halte sich mehr an den Beschrieb und die Anleitung zum Bau der Innen-Antennen. Er wird den Mangel an Theorie und zugehöriger „höherer“ Mathematik durch unermüdliches und systematisch intensivstes Probieren ersetzen und da bei aufmerksamster Beobachtung und Studium der auftretenden Erscheinungen auch etwas erreichen und durch Mitteilung seiner Beobachtung wieder anderen die Anregung zum Studium und der theoretischen Erfassung der Erscheinungen geben.

Es ließe sich noch viel über die Innen-Antennen sagen, das gehört aber in das Gebiet der höchsten Theorie, der wissenschaftlichen Hypothesen. Dafür ist aber in diesem Werkchen kein Platz und eine derartige Betrachtung würde auch weit über den Rahmen des Buches hinausgehen.

Am Schlusse des Buches, im „Anhang“, sind einige Berechnungsbeispiele angeführt, um die mittels der angegebenen Formeln möglichen Berechnungen näher zu erläutern und eine Vertiefung des durch die Formeln gewonnenen Verständnisses zu erzielen. Die Zahlenwerte sind in Anlehnung an praktische Verhältnisse angenommen und die einzelnen Gleichungen mittels des Rechenschiebers ausgewertet. Sie geben hinreichende Genauigkeit in ihren Resultaten für die Dimensionen der einzelnen Größen.

Bei Benutzung der Tabellen und Nomogramme ist auf die gegebene Anleitung streng zu achten, wenn man nicht von vorn-

herein falsche Werte erhalten will. Es empfiehlt sich da immerhin, zur Kontrolle noch eine Durchrechnung durchzuführen, um die nomographisch erhaltenen Resultate zu kontrollieren. Dabei leistet der Rechenschieber gute Dienste, wer damit nicht umgehen kann, muß allerdings die langwierige und gar nicht kurzweilige rechnerische Auswertung der einzelnen Gleichungen vornehmen.

## 10. Anhang (Berechnungsbeispiele).

1 Überschlagniche Berechnung der Antennendrahtlänge bei Annahme der Eigenwelle von  $\lambda = 350$  m

a) für die senkrechte Antenne (nach Abb 4a).

$$\lambda = 4 l,$$

$$350 = 4 l,$$

$$l = \frac{350}{4} \sim 88 \text{ m.}$$

b) für die wagrechte „T“-Antenne (nach Abb 4b) bzw Schirm-Antenne

$$\lambda = 4,8 l,$$

$$350 = 4,8 l,$$

$$l = \frac{350}{4,8} \sim 73 \text{ m.}$$

c) für eine wagrechte „L“-Antenne (nach Abb. 4c)

$$\lambda = 4,5 l,$$

$$350 = 4,5 l,$$

$$l = \frac{350}{4,5} \sim 78 \text{ m.}$$

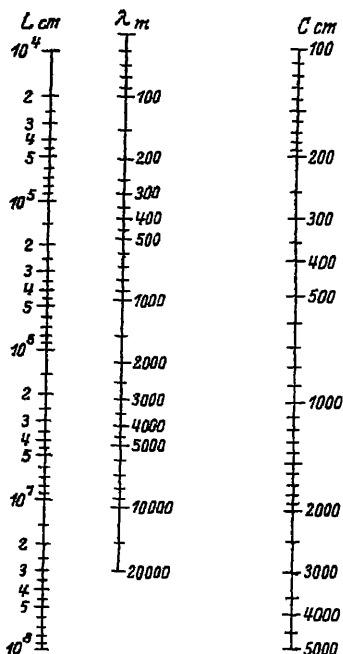


Abb 23

2 Berechnung der elektrischen Größen der Antenne

Annahme Länge des Antennenleiters 30 m,

Länge der Antennenzuführung 10 m,

Drahtdurchmesser.  $2\varnothing = 2$  mm



## a) Selbstinduktion

$$L_{\text{Antenne (a)}} \text{ (nach Formel 6)} = \frac{2}{\pi} \cdot 2 \cdot 3000 \left( \ln \frac{2 \cdot 3000}{0,1} - 0,75 \right) \\ = \sim 3,85 \cdot 10^4 \text{ cm.}$$

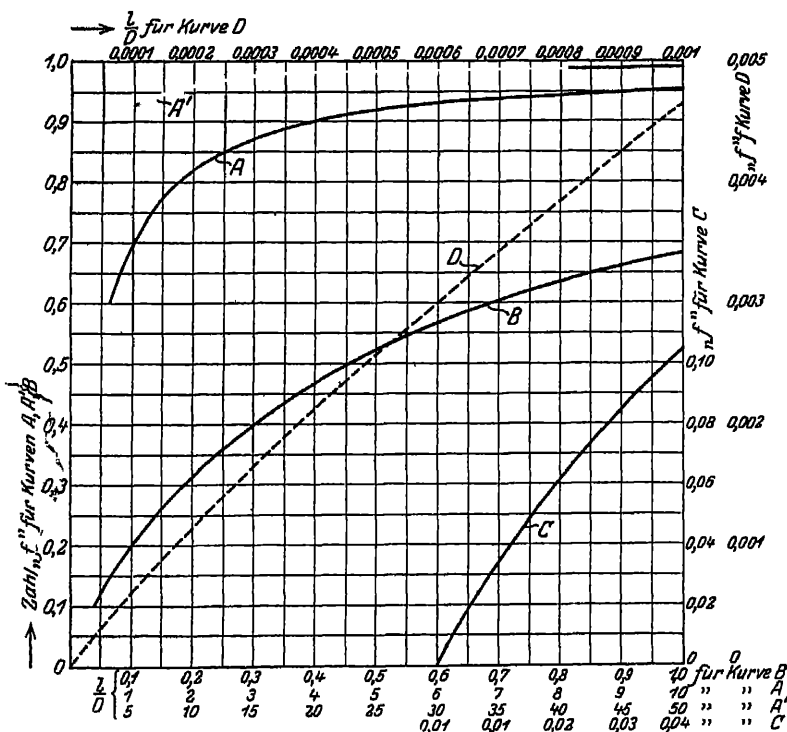


Abb 24

$$L_{\text{Zuführung (s)}} \text{ (nach Formel 7)} = \frac{2}{\pi} \cdot 2 \cdot 1000 \left( \ln \frac{2 \cdot 1000}{0,1} - 0,75 \right) \\ = \sim 1,15 \cdot 10^4 \text{ cm.}$$

$$L_A \text{ (nach Formel 8)} = L_a + L_s = 38500 + 11500 = \sim 50 \text{ cm.}$$

## b) Kapazität

$$C_{\text{Antenne (a)}} \text{ (nach Formel 9)} = \frac{2}{\pi} \cdot \frac{3000}{2 \cdot \ln \frac{2 \cdot 1000}{0,1}} = \sim 100 \text{ cm.}$$

$$C_{\text{Zuführung}}^{(z)} \text{ (nach Formel 10)} = \frac{2}{\pi} \cdot \frac{1000}{2 \ln \frac{1000}{0,1}} = \sim 35 \text{ cm.}$$

$$C_A \text{ (nach Formel 11)} = C_a + C_z = 100 + 35 = \sim 135 \text{ cm.}$$

$$\lambda_A \text{ (nach Formel 12)} = \frac{2\pi}{100} \sqrt{50000 + 135} = \sim 160 \text{ m.}$$

### 3 Berechnung einer „Flachspiral-Antenne“ oder einer Ritter-Antenne

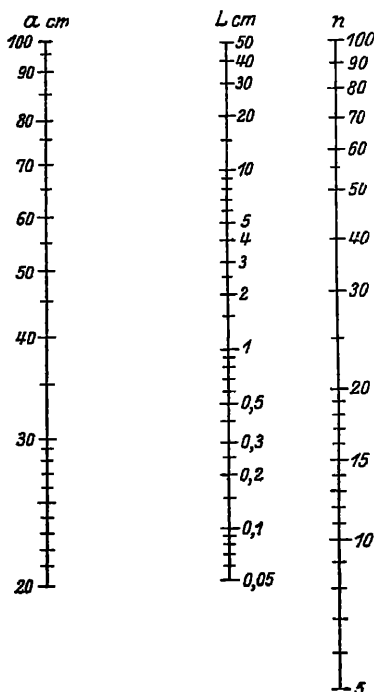


Abb. 25

Gegeben für die Flachspiral-Antenne, bei  $\lambda = 250$ :

$$\frac{D_1 + d}{2} = D = 150,1 \text{ cm}$$

umgerechnet gibt eine zugehörige Quadratseite:

$$a = 117,5 \text{ cm.}$$

Die Berechnung von  $L$  erfolgt nach Nomogramm der Abb 25 nach Anleitung

Nach Nomogramm Abb 23 errechnet sich dann unter Zugrundelegung von  $\lambda = 250$  die

Schwingkapazität „C“.

4 Berechnung einer Rahmen-Antenne, und zwar der Windungszahl  $n$ .

$$\begin{aligned} \text{Gegeben } C &= 500 \\ \text{Rahmenseite } a &= 30 \text{ cm;} \\ \lambda &= 350 \end{aligned}$$

Hierfür aus Nomogramm (Abb 23)

$$L = 3 \cdot 10^4 \text{ cm.}$$

Weiterhin aus Nomogramm (Abb 25)

$$n \sim 5 \text{ Windungen}$$

5. Berechnung des Selbstinduktionskoeffizienten für eine Antennenverlängerungsspule (Zylinderspule)

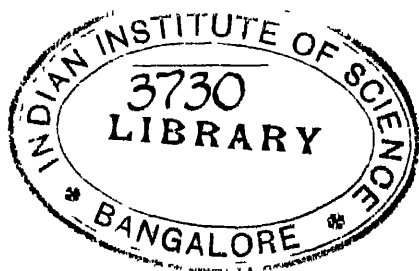
$$\text{Gegeben } l = 20,4 \text{ cm, } D = 24 \text{ cm, } \frac{N}{l} = \frac{\text{Gesamte Windungszahl}}{\text{Länge}}$$
$$= \frac{276}{20,4} = 13,52 = \text{Windungszahl der Längeneinheit.}$$

Aus Abb. 24 Kurve B ist

$$\frac{l}{D} = 0,85, \quad f = 0,65,$$

daraus

$$L = 13,75 \cdot 10^{-6} \text{ cm (nach Gleichung 17)}$$



621.3841354  
13

Druck von Oscar Brandstetter in Leipzig.

